

**GROUP-III NITRIDE COMPOUND SEMICONDUCTOR DEVICE****Patent number:** WO0173858**Publication date:** 2001-10-04**Inventor:** HIRANO ATSUO (JP); OTA KOICHI (JP); UEMURA TOSHIYA (JP); NAGASAKA NAOHISA (JP)**Applicant:** HIRANO ATSUO (JP); OTA KOICHI (JP); TOYODA GOSEI KK (JP); UEMURA TOSHIYA (JP); NAGASAKA NAOHISA (JP)**Classification:****- international:** H01L33/00**- european:** H01L33/00C4D3C**Application number:** WO2001JP02758 20010330**Priority number(s):** JP20000096865 20000331**Also published as:**

EP1278249 (A1)

US6777805 (B2)

US2003107053 (A1)

**Cited documents:**

JP7030153

JP6268258

JP10209496

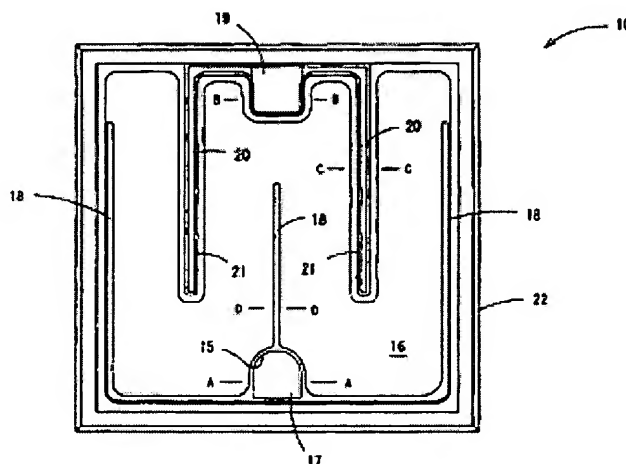
JP10275935

JP8102550

more &gt;&gt;

**Abstract of WO0173858**

This invention provides a large-sized light-emitting device that produces uniform luminescence. A light-emitting device has a largest part greater than 700 microns in diameter, and the distance between an n-electrode and a farthest p-electrode is less than 500 microns.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2001 年 10 月 4 日 (04.10.2001)

PCT

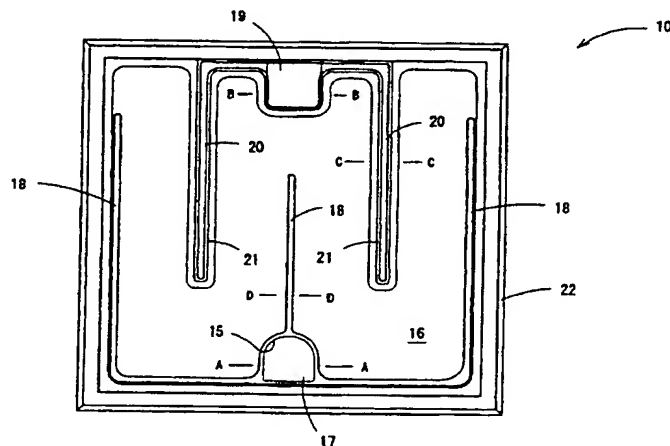
(10) 国際公開番号  
WO 01/73858 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H01L 33/00 (72) 発明者; および  
(21) 国際出願番号: PCT/JP01/02758 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 上村俊也 (UE-MURA, Toshiya) [JP/JP]. 平野敦雄 (HIRANO, Atsuo) [JP/JP]. 太田光一 (OTA, Koichi) [JP/JP]. 長坂尚久 (NAGASAKA, Naohisa) [JP/JP]; 〒452-0961 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地 豊田合成株式会社内 Aichi (JP).  
(22) 国際出願日: 2001 年 3 月 30 日 (30.03.2001)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語 (74) 代理人: 弁理士 高松 猛 (TAKAMATSU, Takeshi); 〒107-6028 東京都港区赤坂一丁目12番32号 アーク森ビル28階 栄光特許事務所 Tokyo (JP).  
(30) 優先権データ: 特願2000-96865 2000 年 3 月 31 日 (31.03.2000) JP  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 豊田合成株式会社 (TOYODA GOSEI CO., LTD.) [JP/JP]; 〒452-0961 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地 Aichi (JP).  
(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL.

/続葉有/

(54) Title: GROUP-III NITRIDE COMPOUND SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: III族窒化物系化合物半導体素子



(57) Abstract: This invention provides a large-sized light-emitting device that produces uniform luminescence. A light-emitting device has a largest part greater than 700 microns in diameter, and the distance between an n-electrode and a farthest p-electrode is less than 500 microns.

(57) 要約:

本発明の目的は、均一発光の得られる大型の発光素子を得ることである。

即ち、本発明においては、最外径が700 $\mu$ m以上の素子において、n電極から最も離れたp電極の点までの距離を500 $\mu$ m以内に収める。

WO 01/73858 A1



PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ,  
UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

添付公開書類:

— 国際調査報告書

- (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

## III 族窒化物系化合物半導体素子

## 技術分野

本発明は III 族窒化物系化合物半導体素子に関する。例えば、青色系発光ダイオードなどの III 族窒化物系化合物半導体発光素子の電極の改良として好適な発明である。

## 背景技術

青色系発光ダイオードなどの III 族窒化物系化合物半導体発光素子においては、素子の全面から均一な発光を得るため種々の提案がなされている。

例えば、特開平 8-340131 号公報や特開平 10-117017 号公報では、p コンタクト層の上面に p 補助電極を放射状に設けて、p コンタクト層に対する注入電流密度の均一化を図っている。また、例えば特開平 10-275934 号公報に示されるように、p 型コンタクト層の上面に透光性電極を貼ってその上に p 台座電極を設けるものもある。この例では、p 台座電極から素子の辺に沿って p 補助電極が延設されている。

素子の角部に形成された n 台座電極から素子の辺に沿って n 補助電極を設けた例が特開平 9-97922 号公報や特開 2000-22210 号公報に開示されている。

くし状電極について特開 2000-164930 号公報に開示がある。

本発明者らの検討によれば、高い輝度が要求されかつ同色の発光ダイオードを集合して使用する信号機等においては、使用する発光ダイオードのチップサイズを大きくすることが望ましいことがわかった。チップサイズを大きくすることで使用個数が削減されれば、発光ダイオードの組付け工数が小さくなって製造コストの削減となることはもとより、各発光ダイオードへ電流を均一に分配するための回路設計が容易かつ簡素になるからである。

本発明者らは、したがって、発光ダイオードのチップサイズを大きくすべく検

討を重ねてきた。その結果、次なる課題を見出すに至った。

発光ダイオードにおけるnコンタクト層（n電極の形成される層）の抵抗が比較的高いためn電極から遠い部分まで十分に電流が行き渡らず、当該部分での発光が低下する。一方、n電極に近い部分では強い発光が得られるため、素子全体でみれば発光が不均一となる。かかる点から従来の小型の素子（ $300 \sim 400 \mu\text{m} \square$ ）を見てみると、n電極から遠く離れた部分では多少暗くなっているが、かかる部分がごく小さい領域であることから当該発光の不均一は実質上大きな障害とならなかった。

チップサイズが大きくなると、単位発光面積あたりに注入される好適な電流密度を確保しようとしたとき、p台座電極に印加する電流量を大きくしなければならない。p台座電極に印加された電流はこのp台座電極から透光性電極へ流入することとなるが、電流量が大きくなるとp台座電極と透光性電極との間で焼きつき（発生するジュール熱により接合部の透光性電極が焼き切れてしまうこと）の発生する可能性が高くなる。p台座電極に注入可能な電流量（許容電流量）を決める一つの要因にp台座電極と透光性電極との界面の面積があり、当該面積が大きければ大きいほど許容電流量を大きくできると考えられる。

また、最外径が $700 \mu\text{m}$ 以上の大型のチップにおいて、有効発光面に好適な電流密度を確保しようとしたときには1つのp台座電極と1つのn台座電極の組み合わせでは、ボンディングワイヤー部での発熱によりモールド樹脂が焼きついたり、ボンディングワイヤー自体が熱により断線してしまうという不具合の生じる惧れがある。

## 発明の開示

この発明は、上記課題の少なくとも一つを解決すべくなされたものである。即ち、本発明においては、最外径が $700 \mu\text{m}$ 以上の素子において、n電極から最も離れたp電極の点までの距離が $500 \mu\text{m}$ 以内にある、III族窒化物系化合物半導体素子を与えられる。

このように構成されたIII族窒化物系化合物半導体素子によれば、n電極から

最も離れた p 電極の点が上記距離内にあるので、n 型半導体層の抵抗が高くても、n 電極から最も離れた素子の部分へも電子が十分に注入される(電流が拡散する)。その結果、素子の全面がより均等に発光する。

なお、電流密度と発光素子の発光出力との関係は、電流密度が所定の値を超えたところで発光出力が飽和してくる。即ち、当該所定の値を超えた電流密度を注入してもそれに見合った発光出力の増加が得られない。したがって、高い発光出力でかつ高い発光効率を達成しようとするれば、当該所定の値の近傍の電流密度を素子の全域で達成することが好ましい。この発明のように n 電極と p 電極との距離を規定すれば素子の全域で当該好適な電流密度を得ることができ、もって発光効率の優れた素子を提供できることとなる。

なお、この明細書において、n 電極は n 台座電極とこれから延長される n 補助電極から構成され、p 電極は p 台座電極及び p 台座電極から延長された p 補助電極から構成される。また、素子の最外径とは、素子を平面から見たときに素子上に引ける最長の直線の長さであり、素子が矩形の場合は対角線の長さが最外径となる。素子がひし形の場合も同様である。素子が円形、楕円径の場合は中心を通る直線である。このように、素子の形状は特に限定されるものではない。上記のほかに六角形、八角形等の多角形の素子形状を採用することも可能である。

n 電極とこれから最も離れた p 電極との間の距離の更に好ましい上限は 400  $\mu\text{m}$  であり、更に更に好ましくは 350  $\mu\text{m}$  である。

かかる構成は、矩形チップの場合、一辺の長さが 500  $\mu\text{m}$  以上(最外径では 700  $\mu\text{m}$  以上)のチップに適用されることが好ましい。このようにチップサイズが大きくなると、従来のような n 電極構成では、これから距離の離れて十分な電流密度が得られずに暗くなってしまう部分が容認できないほどに大きな領域となり、かつその領域が素子の中央部分に現出して発光態様を不適なものとする恐れがある。更に好ましくは、矩形チップの場合、一辺の長さが 600  $\mu\text{m}$  以上であり、更に更に好ましくは一辺の長さが 700  $\mu\text{m}$  以上であり、最も好ましくは 800  $\mu\text{m}$  以上である。

このように p 電極の任意の点と n 電極との距離を所定の範囲内に収めるために、

この発明の一の局面ではn台座電極からn補助電極を素子の中央部分へ延設する構成を採用する。

素子の中央部分にn補助電極が存在することにより、当該n補助電極と素子の全ての角部までの距離が一定になる。これにより、角部での発光出力の低下を防止できることとなる。

上記のようにしてn電極を改良してn型半導体層に対する電流の均一拡散を確保したところ、次の課題が新たに浮かび上がってきた。

p型半導体層の上に透光性電極を貼って電流の拡散を図るタイプにおいても、チップサイズが拡大してp台座電極又はp補助電極からの距離が大きくなると、薄膜である透光性電極自体の抵抗が無視できなくなり、p台座電極又はp補助電極から離れた部分のp型半導体層へ十分に電流を注入できなくなる。

そこでこの発明の一の局面では、透光性電極上の任意の点とp台座電極又はp補助電極との距離を0～1000 $\mu$ mの範囲内とした。

このように構成されたIII族窒化物系化合物半導体素子によれば、透光性電極の全ての点がp台座電極又はp補助電極から上記距離内にあるので、p台座電極又はp補助電極から最も離れた透光性電極の部分へも電流が十分に拡散され、その下のp型半導体層へ注入される。その結果、素子の全面が実質的に均等に発光する。透光性電極上の任意の点とp台座電極又はp補助電極との更に好ましい距離の上限は500 $\mu$ mであり、更に更に好ましくは450 $\mu$ mであり、更に更に更に好ましくは400 $\mu$ mであり、最も好ましくは350 $\mu$ mである。

かかる構成は、矩形チップの場合、一辺の長さが500 $\mu$ m以上（最外径では700 $\mu$ m以上）のチップに適用されることが好ましい。このようにチップサイズが大きくなると、従来のようなp電極構成では、これから距離の離れて十分な電流密度が得られずに暗くなってしまう部分が無視できないほど大きな領域となり、かつその部分が素子の中央に現出して発光態様を不適なものとする惧れがある。更に好ましくは、矩形チップの場合、一辺の長さが600 $\mu$ m以上であり、更に更に好ましくは一辺の長さが700 $\mu$ m以上であり、最も好ましくは800 $\mu$ m以上である。

このように透光性電極上の任意の点と p 台座電極又は p 補助電極との距離を所定の範囲内に収めるために、この発明の一の局面では p 台座電極から p 補助電極を透光性電極の中央部分へ延設する構成を採用する。

透光性電極の中央部分に p 補助電極が存在することにより、当該 p 補助電極と透光性電極の全ての角部までの距離が一定になる。これにより、角部での発光出力の低下を防止できることとなる。

上記構成の n 電極と p 電極をともに備える III 族窒化物系化合物半導体素子においては、素子を平面から見たとき、n 補助電極と p 補助電極とがくし状に配置されることが好ましい。n 補助電極と p 補助電極の有る部分では素子は動作しない（発光素子では発光しない）ので、これらをくし状に配置することにより当該非動作部分を素子において対称乃至規則的なパターンで配置できることとなる。よって、素子の利用が容易になる。発光素子の場合は光を均一に外部へ取り出し易くなる。

上記構成の n 電極と p 電極をともに備える III 族窒化物系化合物半導体素子においては、素子を平面から見たとき、n 補助電極と p 補助電極とが相互に平行に配置される部分を含むことが好ましい。n 補助電極と p 補助電極の有る部分では素子は動作しない（発光素子では発光しない）ので、平行な部分を配置することにより当該非動作部分を素子において対称乃至規則的なパターンで配置できることとなる。よって、素子の利用が容易になる。発光素子の場合は光を均一に外部へ取り出し易くなる。

チップサイズが大きくなると、素子による消費電力が大きくなるので、台座電極に印加される電流が大きくなる。従来のように台座電極が p 側及び n 側それぞれ 1 つであると、ボンディングワイヤー部での発熱によりモールド樹脂が焼きついたり、ボンディングワイヤー自体が熱により断線してしまうという問題が生じかねない。そこでこの発明の他の局面では p 台座電極と n 台座電極とをそれぞれ複数設けることとした。これにより、上記の問題が解消される。

複数の p 台座電極及び n 台座電極を設けることが好ましいチップサイズは、矩形チップの場合、一辺の長さが  $500\mu\text{m}$  以上（最外径では  $700\mu\text{m}$  以上）の



ものである。更に好ましくは、一辺の長さが $600\mu\text{m}$ 以上であり、更に更に好ましくは一辺の長さが $700\mu\text{m}$ 以上であり、最も好ましくは $800\mu\text{m}$ 以上である。

発光素子のチップサイズを大きくしてその消費電力が増大した場合には、上記の課題に加えて、p台座電極と透光性電極との間の焼きつきの問題がある。そのため、p台座電極からp補助電極をすることが好ましい。p補助電極を備えることにより、p台座電極及びp補助電極と透光性電極との間に十分な面積が得られ、もって焼きつきの発生が防止される。これにより、p台座電極に印加できる電流量（許容電流量）が増大し、素子の全面を発光させるために必要な電流量が充分確保できることとなる。

#### <図面の簡単な説明>

図1はこの発明の実施例の発光素子の層構成を説明する。

図2は実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。

図3は同正面図である。

図4は同背面図である。

図5は同左側（右側）側面図である。

図6は同底面図である。

図7は透明な部分（透明電極）を示す参考平面図である。

図8は図2におけるA-A線拡大一部省略断面図である。

図9は図2におけるB-B線拡大一部省略断面図である。

図10は図2におけるC-C線拡大断面図である。

図11は図2におけるD-D線拡大断面図である。

図12は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。

図13は同正面図である。

図14は同背面図である。

図15は同左側（右側）側面図である。

図16は同底面図である。

- 図 1 7 は透明な部分（透明電極）を示す参考平面図である。
- 図 1 8 は図 1 2 における A－A 線拡大一部省略断面図である。
- 図 1 9 は図 1 2 における B－B 線拡大一部省略断面図である。
- 図 2 0 は図 1 2 における C－C 線拡大断面図である。
- 図 2 1 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。
- 図 2 2 は同正面図である。
- 図 2 3 は同背面図である。
- 図 2 4 は同左側（右側）側面図である。
- 図 2 5 は同底面図である。
- 図 2 6 は透明な部分（透明電極）を示す参考平面図である。
- 図 2 7 は図 2 1 における A－A 線拡大一部省略断面図である。
- 図 2 8 は図 2 1 における B－B 線拡大一部省略断面図である。
- 図 2 9 は図 2 1 における C－C 線拡大断面図である。
- 図 3 0 は図 2 1 における D－D 線拡大断面図である。
- 図 3 1 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。
- 図 3 2 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。
- 図 3 3 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。
- 図 3 4 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。
- 図 3 5 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。
- 図 3 6 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。
- 図 3 7 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。
- 図 3 8 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。
- 図 3 9 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。
- 図 4 0 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。
- 図 4 1 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。
- 図 4 2 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。
- 図 4 3 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。
- 図 4 4 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。

図 4 5 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。

図 4 6 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。

図 4 7 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。

図 4 8 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。

図 4 9 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。

図 5 0 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。

図 5 1 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。

図 5 2 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。

図 5 3 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。

図 5 4 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。

図 5 5 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。

図 5 6 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。

図 5 7 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。

図 5 8 は他の実施例の発光素子の電極配置例を示す平面図である。

なお、図中の符号、

1 0、2 3、3 3、4 3、4 3 - 1、5 3、6 3、3 0 3、3 0 3 - 1 は発光素子であり、

6、1 6、2 6、3 6、4 6、5 6、6 6、3 0 6 は透光性電極であり、

7 は p 電極であり、

9 は n 電極であり、

1 7、2 7、3 7、4 7、5 7、8 1、9 1、1 0 1、1 1 1、1 2 1、  
1 3 1、1 4 1、1 5 1、1 6 1、1 7 1、1 8 1、1 9 1、2 0 1、2 1 1、  
2 2 1、2 3 1、2 4 1、2 5 1 は p 台座電極であり、

1 8、2 8、3 8、4 8、5 8、8 2、9 2、9 3、1 0 2、1 1 2、1 2 2、  
1 2 3、1 3 2、1 3 3、1 4 2、1 4 3、1 5 2、1 6 6、1 7 2、1 8 2、  
1 9 2、1 9 3、2 0 2、2 1 2、2 2 2、2 2 3、2 3 3、2 3 2、2 4 2、  
2 4 2、2 5 2 は p 補助電極であり、

1 9、2 9、3 9、4 9、5 9、8 5、9 5、1 0 5、1 1 5、1 2 5、

135、145、155、165、175、185、195、205、215、  
225、235、245、255はn台座電極であり、  
20、30、40、50、60、70、86、96、106、107、116、  
126、127、136、137、146、156、166、176、186、  
196、216、226、227、236、237、246、247、248、  
256、310、320はn補助電極である。

<発明を実施するための最良の形態>

以下、この発明を構成する各要素につき、III族窒化物系化合物半導体発光素子を例に採り、詳細に説明する。

n電極は半導体層をエッチングして表出されたnコンタクト層に形成される。n型のIII族窒化物系化合物半導体との間にオーム接触の得られるものであれば、その材質は任意に選択できるが、バナジウム・アルミニウム合金などのアルミニウム合金を採用することが好ましい。

n電極の形状も任意であるが、この発明の一局面にしたがって、p電極の任意の点からn電極までの距離を一定範囲内に収めるようにするには、n台座電極とこれから延設されたn補助電極との組合わせが好適である。n台座電極は素子の一辺のほぼ中央に配置しても、素子の角部に配置しても良い。n補助電極はn台座電極から素子の中央部分へ伸びる部分を有することが好ましい。

n補助電極はn台座電極と同一材料でかつ同一方法（同一のマスク）により形成することが工数削減の見地から好ましい。この場合、n補助電極とn台座電極とは同一厚さとなる。

n補助電極とn台座電極とを別個に形成することもできる。この場合、n補助電極の材質及び厚さをn台座電極のそれと異ならせることもできる。

n台座電極は導電性ワイヤを周知の方法でボンディングするために十分な面積を有すればその形状は特に限定されない。

n補助電極は半導体層を除去した部分に形成されるので、有効半導体層の面積を極大化する見地からその幅を狭くすることが好ましい。n補助電極の幅は1～

40  $\mu\text{m}$ とすることがこのましい。更に好ましくは2～30  $\mu\text{m}$ であり、更に更に好ましくは3～25  $\mu\text{m}$ であり、更に更に更に好ましくは3～20  $\mu\text{m}$ であり、最も好ましくは5～15  $\mu\text{m}$ である。

透光性電極の形成材料は特に限定されるものではないが、例えば下側から第1電極層としてCo層及び第2電極層としてAu層を順次積層する。

第1電極層の構成元素は第2電極層の構成元素よりもイオン化ポテンシャルが低い元素であり、第2電極層の構成元素は半導体に対するオーミック性が第1電極層の構成元素よりも良好な元素とするのが望ましい。p型コンタクト層と合金を形成するために、この電極層に対しても熱処理が施されるが、その熱処理により、半導体の表面から深さ方向の元素分布は、第2電極層の構成元素の方が第1電極層の構成元素よりも深く浸透した分布となる。即ち、電極層の元素分布が電極層の形成時の分布に対して反転している。電極層の形成後には、上側に形成した第2電極層の構成元素の方が下側になり、下側に形成した第1電極層の構成元素の方が上側に存在する。

望ましくは、第1電極層の構成元素は、ニッケル(Ni)、コバルト(Co)、鉄(Fe)、銅(Cu)、クロム(Cr)、タンタル(Ta)、バナジウム(V)、マンガン(Mn)、アルミニウム(Al)、銀(Ag)のうち少なくとも一種の元素であり、その膜厚は0.5～15 nmとする。第2電極層の構成元素は、パラジウム(Pd)、金(Au)、イリジウム(Ir)、白金(Pt)のうち少なくとも一種の元素であり、その膜厚は3.5～25 nmとする。最も望ましくは、第1電極層の構成元素はCoであり、第2電極層の構成元素はAuである。この場合には、熱処理により、半導体の表面から深さ方向の元素分布は、CoよりもAuが深く浸透した分布となる。

p台座電極の形成材料も特に限定されるものではないが、例えば下側から第1金属層としてV層、第2金属層としてAu層及び第3金属層としてAl層を順次積層する構造とする。

第1金属層はその下の層と強固に結合できるように、第2の金属層よりもイオン化ポテンシャルが低い元素とする。第2の金属層はAl又はAuとのボンディング性が良好で、かつ透光性電極と反応しない元素とする。第3金属層は保護膜

と強固に結合できる元素とすることが好ましい。

望ましくは、第1金属層の構成元素は、ニッケル(Ni)、鉄(Fe)、銅(Cu)、クロム(Cr)、タンタル(Ta)、バナジウム(V)、マンガン(Mn)、コバルト (Co) のうち少なくとも一種の元素であり、その膜厚は1～300 nmである。

望ましくは、第3金属層の構成元素は、アルミニウム(Al)、ニッケル(Ni)、チタン(Ti)のうち少なくとも一種の元素であり、その膜厚は1～30 nmである。

望ましくは、第2金属層の構成元素は金(Au)であり、その膜厚は0.3～3  $\mu$ mである。

p補助電極はp台座電極と同一材料でかつ同一方法(同一のマスク)により形成することが工数削減の見地から好ましい。この場合、p補助電極とp台座電極とは同一厚さとなる。

p補助電極とp台座電極とを別個に形成することもできる。この場合、p補助電極の材質及び厚さをp台座電極のそれと異ならせることもできる。

p台座電極は導電性ワイヤを周知の方法でボンディングするために十分な面積を有すればその形状は特に限定されない。ボンディング時の位置確認のためには、p台座電極としてn台座電極と異なる形状を採用することが好ましい。

p補助電極は光を遮蔽するので、その幅を狭くすることが好ましい。p補助電極の幅は1～40  $\mu$ mとすることがこのましい。更に好ましくは2～30  $\mu$ mであり、更に更に好ましくは3～25  $\mu$ mであり、更に更に更に好ましくは3～20  $\mu$ mであり、最も好ましくは5～15  $\mu$ mである。

p台座電極及び／又はp補助電極の周囲に凹凸を設けて、透光性電極との間の接触面積を増大させることが好ましい。

p台座電極の周面は傾斜していることが好ましい。台座電極の周面をテーパ状としておくことにより、台座電極及び透光性電極の表面に形成される保護膜(SiO<sub>2</sub>膜等)を当該テーパ状部にもほぼ設計膜厚通りに形成することが可能となる。

透光性電極の任意の点からp台座電極又はp補助電極までの距離を一定範囲内に収めるようにするには、p台座電極とこれから延設されたp補助電極との組み合わせが好適である。p台座電極は素子の一辺のほぼ中央に配置しても、素子の

角部に配置しても良い。

p補助電極はn補助電極に対してくし状に形成することが好ましい。ここにくし状とは、素子を平面から見たときp補助電極とn補助電極とが互い違いに配置されている状態をいう。

また、p補助電極はn補助電極に対して平行に配置される部分を備えることが好ましい。

透光性電極とp台座電極及びp補助電極を合金化するための熱処理は酸素を含むガス中において行うことが好ましい。このとき、酸素を含むガスとしては、 $O_2$ 、 $O_3$ 、CO、 $CO_2$ 、NO、 $N_2O$ 、 $NO_2$ 、又は、 $H_2O$ の少なくとも1種又はこれらの混合ガスを用いることができる。又は、 $O_2$ 、 $O_3$ 、CO、 $CO_2$ 、NO、 $N_2O$ 、 $NO_2$ 、又は、 $H_2O$ の少なくとも1種と不活性ガスとの混合ガス、又は、 $O_2$ 、 $O_3$ 、CO、 $CO_2$ 、NO、 $N_2O$ 、 $NO_2$ 、又は、 $H_2O$ の混合ガスと不活性ガスとの混合ガスを用いることができる。要するに酸素を含むガスは、酸素原子、酸素原子を有する分子のガスの意味である。

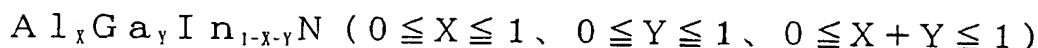
熱処理時の雰囲気圧力は、熱処理温度において、窒化ガリウム系化合物半導体が熱分解しない圧力以上であれば良い。酸素を含むガスは、 $O_2$ ガスだけを用いた場合には、窒化ガリウム系化合物半導体の分解圧以上の圧力で導入すれば良く、他の不活性ガスと混合した状態で用いた場合には、全ガスを窒化ガリウム系化合物半導体の分解圧以上の圧力とし、 $O_2$ ガスは全ガスに対して $10^{-6}$ 程度以上の割合を有しておれば十分である。要するに、酸素を含むガスは極微量存在すれば十分である。尚、酸素を含むガスの導入量の上限値は、p型低抵抗化及び電極合金化の特性からは、特に、制限されるものではない。要は、製造が可能である範囲まで使用できる。

熱処理に関しては、最も望ましくは、 $500 \sim 600^\circ\text{C}$ である。 $500^\circ\text{C}$ 以上の温度で、抵抗率が完全に飽和した低抵抗のp型窒化ガリウム系化合物半導体を得ることができる。又、 $600^\circ\text{C}$ 以下の温度において、電極の合金化処理を良好に行うことができる。又、望ましい温度範囲は、 $450 \sim 650^\circ\text{C}$ である。

p台座電極、p補助電極、透光性電極の形成材料及び熱処理条件については、特開平9-320984号公報、特開平10-209493号公報を参照された

い。

この明細書において、III 族窒化物系化合物半導体は一般式として



で表され、 $\text{AlN}$ 、 $\text{GaN}$ 及び $\text{InN}$ のいわゆる2元系、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 、 $\text{Al}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$ 及び $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$ （以上において $0 < x < 1$ ）のいわゆる3元系を包含する。III 族元素の一部をボロン（B）、タリウム（Tl）等で置換しても良く、また、窒素（N）の一部もリン（P）、ヒ素（As）、アンチモン（Sb）、ビスマス（Bi）等で置換できる。III 族窒化物系化合物半導体層は任意のドーパントを含むものであっても良い。n型不純物として、Si、Ge、Se、Te、C等を用いることができる。p型不純物として、Mg、Zn、Be、Ca、Sr、Ba等を用いることができる。なお、p型不純物をドーブした後にIII 族窒化物系化合物半導体を電子線照射、プラズマ照射若しくは炉による加熱にさらすことも可能である。III 族窒化物系化合物半導体層の形成方法は特に限定されないが、有機金属気相成長法（MOCVD法）のほか、周知の分子線結晶成長法（MBE法）、ハライド気相成長法（HVPE法）、スパッタ法、イオンプレーティング法、電子シャワー法等によっても形成することができる。

ここにIII 族窒化物系化合物半導体素子には、発光ダイオード、受光ダイオード、レーザダイオード、太陽電池等の光素子の他、整流器、サイリスタ及びトランジスタ等のバイポーラ素子、FET等のユニポーラ素子並びにマイクロウェーブ素子などの電子デバイスを挙げられる。また、これらの素子の中間体としての積層体にも本発明は適用されるものである。

なお、発光素子の構成としては、MIS接合、PIN接合やpn接合を有したホモ構造、ヘテロ構造若しくはダブルヘテロ構造のものを用いることができる。発光層として量子井戸構造（単一量子井戸構造若しくは多重量子井戸構造）を採用することもできる。

## <実施例>

以下、この発明の実施例について説明する。



実施例は発光ダイオード 10 であり、その構成を図 1 に示す。なお、図 1 は層の構成を説明するための図であり、各層の厚さや幅のプロポーシオンを正確に反映するものではない。

層	: 組成 : ドーパント	(膜厚)
保護膜 14	: $\text{SiO}_2$	( $0.3\mu\text{m}$ )
透光性電極 6	: $\text{Au}(6\text{nm})/\text{Co}(1.5\text{nm})$	
p 型クラッド層 5	: $\text{p-GaN:Mg}$	( $0.3\mu\text{m}$ )
発光層 4	: 超格子構造	
量子井戸層	: $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$	( $3.5\text{nm}$ )
バリア層	: $\text{GaN}$	( $3.5\text{nm}$ )
量子井戸層とバリア層の繰り返し数 : 1~10		
n 型クラッド層 3	: $\text{n-GaN:Si}$	( $4\mu\text{m}$ )
AlN バッファ層 2	: $\text{AlN}$	( $60\text{nm}$ )
基板 1	: サファイア (a 面)	( $300\mu\text{m}$ )

n 型クラッド層 3 は発光層 4 側の低電子濃度 n-層とバッファ層 2 側の高電子濃度 n+層とからなる 2 層構造とすることができる。後者は n 型コンタクト層と呼ばれる。

発光層 4 は超格子構造のものに限定されない。発光素子の構成としてはシングルヘテロ型、ダブルヘテロ型及びホモ接合型のものなどを用いることができる。

発光層 4 と p 型クラッド層 5 との間にマグネシウム等のアクセプタをドーブしたバンドギャップの広い III 族窒化物系化合物半導体層を介在させることもできる。これは発光層 4 中に注入された電子が p 型クラッド層 5 に拡散するのを防止するためである。

p 型クラッド層 5 を発光層 4 側の低ホール濃度 p-層と電極側の高ホール濃度 p+層とからなる 2 層構造とすることができる。後者は p 型コンタクト層と呼ば

れる。

上記構成の発光ダイオードにおいて、各 III 族窒化物系化合物半導体層は一般的な条件で MOCVD を実行して形成する。

次に、マスクを形成して p 型クラッド層 5、活性層 4 及び n 型クラッド層 3 の一部を反応性イオンエッチングにより除去し、n 電極 9 を形成すべき n 電極形成面 11 を表出させる。

ウエハの全面に、蒸着装置にて、Co 層 (1.5 nm) と Au 層 (60 nm) を順次積層する。次に、フォトレジストを一様に塗布して、フォトリソグラフィにより、n 電極形成面 11 及びその周囲からほぼ 10  $\mu$ m 幅の部分 (クリアランス領域 13) でフォトレジストを除去して、エッチングによりその部分の透光性電極形成材料を除去し、半導体層を露出させる。その後、フォトレジストを除去する。

次に、リフトオフ法により、V 層 (17.5 nm)、Au 層 (1.5  $\mu$ m) 及び Al 層 (10 nm) を順次蒸着積層して p 台座電極 7 及び p 補助電極 7 (p 電極 7) とする。

バナジウムとアルミニウムとからなる n 電極 9 も同様にリフトオフ法により形成される。

上記のようにして得られた試料を加熱炉に入れ、炉内を 1 Pa 以下にまで排気し、その後 10 数 Pa まで O<sub>2</sub> を供給する。そして、その状態で炉の温度を 550 °C に設定して、4 分間程度、熱処理する。これにより、透光性電極 6 と p 台座電極及び p 補助電極とはそれぞれの材料が合金化されるとともに、両者は結合して p 電極となる。

本発明者らの検討によれば、p 台座電極及び p 補助電極の直下において電流は p 型クラッド層へほとんど注入されていない。これは、p 台座電極及び p 補助電極の直下において透光性電極を構成する Au/Co 蒸着層に上述したような分布の反転が生じないためにコンタクト抵抗が比較的高くなっているためであると予想される。したがって、p 台座電極及び p 補助電極の周面と透光性電極 6 との界面が両者の有効な電氣的接続面となる。即ち、p 台座電極に印加された電流は p

台座電極及びp補助電極の周面より透光性電極へ流れ、ここで全面に拡散されてp型半導体層の全面へ均等に注入される。

p台座電極上のワイヤーボンディング等を施す領域並びにn電極上面及びその周縁部以外のほぼ全面にかけて絶縁性でかつ透光性の保護膜14(酸化シリコン、窒化シリコン、酸化チタン、酸化アルミニウム等)が被覆される。保護膜14の形成方法にはスパッタ法或いはCVD法を採用できる。

このようにして得られた発光素子10の電極配置の一例を図2～図11に示した。図2において、符号16は透光性電極、符号17はp台座電極、符号18はp補助電極を示す。p補助電極18はp台座電極17と一体的に形成されている。p台座電極17は一の辺の中央に配置されており、このp台座電極17を中心にしてp補助電極18は上向きE字形状である。符号15は保護膜の見切りラインである。

n台座電極19はp台座電極17の対向する辺のほぼ中央に形成されている。n補助電極20はn台座電極19と一体的に形成されている。n補助電極20はn台座電極を中心として下向きコ字形状であり、n補助電極20はp補助電極18と平行にかつくし状に配置されている。

符号21はn電極形成面、符号22はダイシングのために表出した基板材料面である。保護膜24は図7において斜線で示してある。

この素子は一辺の長さが1000 $\mu$ mの正方形である。

他の発光素子23の電極配置例を図12～図20に示した。図12において、符号26は透光性電極、符号27はp台座電極、符号28はp補助電極を示す。p補助電極28はp台座電極27と一体的に形成されている。p台座電極27は一の辺の中央に配置されており、このp台座電極27を中心にしてp補助電極28は上向きコ字形状である。符号25は保護膜の見切りラインである。

n台座電極29はp台座電極27の対向する辺のほぼ中央に形成されている。n補助電極30はn台座電極29と一体的に形成されている。n補助電極30はn台座電極からp台座電極27に向けて延出されている。

符号31はn電極形成面、符号32はダイシングのために表出した基板材料面

である。保護膜 34 は図 17 において斜線で示してある。

この素子は一辺の長さが  $600\mu\text{m}$  の正方形である。

他の発光素子 33 の電極配置例を図 21～図 30 に示した。図 21 において、符号 36 は透光性電極、符号 37 は p 台座電極、符号 38 は p 補助電極を示す。p 補助電極 38 は p 台座電極 37 と一体的に形成されている。p 台座電極 37 は一の辺の両端にそれぞれ配置されており、p 補助電極 28 は上向き E 字形状である。符号 35 は保護膜の見切りラインである。

n 台座電極 39 は p 台座電極 37 の対向する辺に形成されている。n 補助電極 40 は n 台座電極 39 と一体的に形成されている。n 補助電極 40 は下向きコ字形状であり、n 補助電極 40 の付け根部分に n 台座電極 39 が配置されている。n 補助電極 40 は p 補助電極 38 と平行にかつくし状に配置されている。

符号 41 は n 電極形成面、符号 42 はダイシングのために表出した基板材料面である。保護膜 34 は図 26 において斜線で示してある。

この素子は一辺の長さが  $1000\mu\text{m}$  の正方形である。

他の発光素子 43 の電極配置例を図 31 に示した。図 31 において、符号 46 は透光性電極、符号 47 は p 台座電極、符号 48 は p 補助電極を示す。p 補助電極 48 は p 台座電極 47 と一体的に形成されている。p 台座電極 47 は対向する角部に配置されており、p 補助電極 48 は各 p 台座電極 47、47 から図中素子の上辺及び左側辺にそって形成されている。符号 45 は保護膜の見切りラインである。

n 台座電極 49 は素子の一つの角部に形成されている。n 補助電極 50 は n 台座電極 49 と一体的に形成されている。n 補助電極 50 は n 台座電極 49 から素子の中央部分に向けて形成され、対向する角部の近くまで伸びている。

符号 51 は n 電極形成面、符号 52 はダイシングのために表出した基板材料面である。

この素子は一辺の長さが  $800\mu\text{m}$  の正方形である。

図 32 に図 31 の変形態様を示した。図 32 の素子 43-1 では、n 補助電極 50-1 に枝 50-2、50-3 が形成されている。各枝 50-2、50-3 は

それぞれ p 台座電極 4 7、4 7 に向けて伸びている。

図 3 2 において、図 3 1 と同一の要素には同一の符号を附してその説明を省略する。

他の発光素子 5 3 の電極配置例を図 3 3 に示した。図 3 3 において、符号 5 6 は透光性電極、符号 5 7 は p 台座電極、符号 5 8 は p 補助電極を示す。p 補助電極 5 8 は p 台座電極 5 7 と一体的に形成されている。p 台座電極 5 7 は対向する角部に配置されており、p 補助電極 5 8 は各 p 台座電極 4 7、4 7 から図中素子の上辺及び下辺にそって形成されている。符号 5 5 は保護膜の見切りラインである。

n 台座電極 5 9 は素子の中央部分に形成されている。n 補助電極 6 0 は n 台座電極 5 9 と一体的に形成されている。n 補助電極 6 0 は n 台座電極 5 9 から p 補助電極 5 8 と平行に形成され、素子のエッジ近くまで伸びている。

符号 6 1 は n 電極形成面、符号 6 2 はダイシングのために表出した基板材料面である。

この素子は一辺の長さが  $800\ \mu\text{m}$  の正方形である。

他の発光素子 6 3 の電極配置例を図 3 4 に示した。図 3 4 において、符号 6 6 は透光性電極、符号 6 7 は p 台座電極を示す。この例では p 補助電極が省略されている。p 台座電極 6 7 は対向する角部に配置されている。符号 5 5 は保護膜の見切りラインである。

n 台座電極 6 9 は素子の中央部分に形成されている。n 補助電極 7 0 は n 台座電極 6 9 と一体的に形成されている。n 補助電極 7 0 は n 台座電極 6 9 から p 台座電極のない素子の角部へ向けて伸びている。

符号 7 1 は n 電極形成面、符号 7 2 はダイシングのために表出した基板材料面である。

この素子は一辺の長さが  $800\ \mu\text{m}$  の正方形である。

発光素子の他の電極配置例を図 3 5 ～図 5 2 に示す。これらの図例においては説明の簡素化のため、p 電極と n 電極（斜線で示してある）のみが示されている。図 3 5 ～図 5 2 の図例においても、図 3 4 以前の図例で説明したように、透光性

電極が p 型半導体層のほぼ全面に貼られており、p 電極は当該透光性電極の上に形成されたものである。n 電極形成面や保護膜の図示も省略されているが、これらも以前の例と同様にして形成されているものである。また、以下の説明においては、単に説明の都合上のために、図面を基準にして要素の位置関係（上下左右）を規定する。

これらの例の発光素子の一边の長さも  $500\mu\text{m}$  以上である。

図 3 5 の例では、p 台座電極 8 1、8 1 が素子のあい対向する角部に形成され、この p 台座電極 8 1、8 1 からそれぞれ側辺にそって p 補助電極 8 2、8 2 が形成されている。n 台座電極 8 5、8 5 は素子における残りのあい対向する角部に形成され、この n 台座電極 8 5、8 5 から上辺及び下辺に沿って n 補助電極 8 6、8 6 が形成されている。

図 3 6 の例では、p 台座電極 9 1 が素子の一つの角部に形成され、この p 台座電極 9 1 から素子の左辺及び下辺に沿った第 1 の p 補助電極 9 2 と上辺に沿った第 2 の p 補助電極 9 3 とが形成されている。n 台座電極 9 5 は右辺のほぼ中央に配置され、そこから n 補助電極 9 6 が素子の中央部分へ延設されている。

図 3 7 の例では、p 台座電極 1 0 1、1 0 1 が素子の上二つの角部に形成され、各 p 台座電極 1 0 1、1 0 1 からく字状に折れ曲がった p 補助電極 1 0 2、1 0 2 が延設されている。n 台座電極 1 0 5 は下側の 2 つの角部に形成され、各 n 台座電極 1 0 5 から左右の辺にそって第 1 の補助電極 1 0 6、1 0 6 がたちあがっている。第 2 の補助電極 1 0 7 は逆 T 字形であり、下辺から素子の中心を通過して上辺まで達している。下辺中央からたちあがる部分は p 補助電極 1 0 2、1 0 2 と平行となる。

図 3 8 の例では、p 台座電極 1 1 1 は素子の中央部に形成され、これから p 補助電極 1 1 2、1 1 2 が一の対角線上に伸びている。n 台座電極 1 1 5、1 1 5 は素子のあい対向する角部に形成される。n 補助電極 1 1 6、1 1 6 はこの 2 つの n 台座電極 1 1 5、1 1 5 を繋ぐように、素子の周辺にそって形成されている。

図 3 9 の例では、p 台座電極 1 2 1 が左辺の中央やや下側に設けられ、これから第 1 の p 補助電極 1 2 2 が左辺に沿って下って下辺に延びている。左下隅から

下辺に対する挟角をほぼ30度として第2のp補助電極123が延びている。n台座電極125が右辺の中央やや上側に設けられ、これから第1のn補助電極126が右辺に沿ってたちあがり上辺に延びている。右上隅から上辺に対する挟角をほぼ30度として第2のp補助電極127が延びている。

図40の例では、p台座電極131が左辺の略中央に形成され、これから第1のp補助電極132が左辺に沿ってたち上がり上辺に延びている。上辺中央よりやや右側から下側に向けて第2のp補助電極133が直角に延びている。n台座電極135が右辺の略中央に形成され、これから第1のn補助電極136が右辺にそって下がり下辺に延びている。下辺中央よりやや左側から上側に向けて第2のn補助電極137が直角に延びている。

図41の例では、p台座電極141が左下角に形成され、これから対角線上に第1のp補助電極142が延びている。素子の中央部分において第1のp補助電極142から垂直方向に第2のp補助電極143、143が延びている。n台座電極145は素子の右上隅に形成され、これから第1のn補助電極146、146が上辺と右辺に延びている。

図42の例では、p台座電極151が素子の左下隅に形成され、これから第1のp補助電極152が左辺に沿ってたち上がり更に上辺に沿ってのびて上辺の中央やや右よりから直角に下方へ延びている。n台座電極155は素子の右上隅に形成され、これから第1のn補助電極156が右辺にそって下がり更に下辺に沿って延びて下辺中央やや左よりから直角に上方へ延びている。

図43の例では、p台座電極161が素子の左上隅に形成され、これから第1のp補助電極162が上辺、右辺及び左辺の全域に延びている。n台座電極165は素子のほぼ中央に形成され、これから第1のn補助電極166、166、166、166が対角線上に延びている。

図44の例では、p台座電極171が素子の左上隅に形成され、これから第1のp補助電極172、172が上辺及び左辺のそれぞれに延びている。n台座電極175は素子の右下角に形成され、これから第1のn補助電極176、176が右辺と下辺に延び、更に第2のn補助電極177が対角線上に延びている。

図45の例では、素子の左下角と右上角にp台座電極181、181が形成され、各p台座電極181、181から各辺に沿って第1のp補助電極182、182、182、182が延びている。n台座電極185、185は素子の右下角と左上角に形成され、これらを繋ぐように第1のn補助電極186が形成されている。

図46の例では、上辺両端にp台座電極191、191が形成され、これらを繋ぐように上辺にそって第1のp補助電極192が形成されている。第1のp補助電極192の中央から下方に向けて直角に第2のp補助電極193が延設される。n台座電極195、195は下辺の両端に形成されている。各n台座電極195、195から第1のn補助電極196、196が左右両辺にそってたちあがっている。

図47の例では、p台座電極201が素子の左上角に形成され、これから第1のp補助電極が周辺部全域に形成されている。n台座電極205は素子のほぼ中央に形成されている。

図48の例では、p台座電極211、211が素子の左下角と右上角に形成されている。各p台座電極211、211より各辺に沿って第1のp補助電極212、212、212、212が延びている。n台座電極215は素子のほぼ中央に形成され、これからp台座電極のない対角線方向へ第1のn補助電極216、216が延設されている。

図49の例では、p台座電極221が素子の左上角に形成され、これから第1のp補助電極222が左辺に沿って延び、第2のp補助電極223が上辺にそってのびて上辺中央よりやや右側から下方に向って垂直に延びている。n台座電極225は素子の右下角に形成され、これから第1のn補助電極226が右辺に沿って延び、第2のn補助電極227が下辺に沿って延びて下辺中央よりやや左側から上方に向って直角に延びている。

図50の例では、p台座電極231が下辺のほぼ中央に形成され、これから第1のp補助電極232が下辺にそって右側へのび更に右辺にそって上側に延びている。また、第2のp補助電極233はp台座電極231から少し左側に延びて



更にそこから上方へ直角に延びている。n台座電極235は下辺のほぼ中央に形成され、これから第1のn補助電極236が上辺にそって左側へのび更に左辺にそって下側に延びている。また、第2のn補助電極237はn台座電極235から少し右側に延びて更にそこから下方へ直角に延びている。

図51の例は素子が平面視長方形である。p台座電極241は下辺の中央よりやや左側に形成され、これから第1のp補助電極242が下辺にそって右側へのび更に右辺にそって上側に延びている。また、第2のp補助電極243はp台座電極241から少し左側に延びて更にそこから上方へ直角に延びている。n台座電極245は上辺の中央よりやや右側に形成され、これから第1のn補助電極246が上辺にそって左側へのび更に左辺にそって下側に延びている。第2のn補助電極247は第1の補助電極246から下方へ直角に延びている。第3のn補助電極248はn台座電極245かやや右側にのびて更に下方へ直角に延設される。

図52の例では、p台座電極251は素子の右下角に形成され、これから第1のp補助電極252、252が右辺及び下辺に沿って少し延び、更に対角線と平行に左上側に延設されている。n台座電極255は素子の左上角に形成され、これから第1のn補助電極256、256が上辺及び左辺に沿って形成されている。また、第2のn補助電極257がn台座電極255から対角線上に延びて、p補助電極とくし状に、平行に配置されている。

他の発光素子303の電極配置例を図53に示した。図53において、符号306は透光性電極、符号307はp台座電極、符号308はp補助電極を示す。p補助電極308はp台座電極307と一体的に形成されている。p台座電極307は図示下辺のほぼ中央に配置されており、p補助電極308はp台座電極307の両側から下辺にそって形成されている。

n台座電極309は上辺のほぼ中央に形成され、n補助電極310はn台座電極309と一体的に形成されている。n補助電極310はn台座電極309から素子の中央部分に向けてC字形状に形成され、その開口部はp台座電極307に対向している。

符号 3 1 1 は n 電極形成面、符号 3 1 2 はダイシングのために表出した基板材料面である。

この素子は一辺の長さが  $1\,000\,\mu\text{m}$  の正方形である。

図 5 4 に図 5 3 の変形態様を示した。図 5 4 の素子 3 0 3 - 1 では、図 5 3 のものに比べてつぶれた C 字形状の n 補助電極 3 2 0 が採用されている。符号 3 2 1 は n 電極形成面である。

図 5 4 において、図 5 3 と同一の要素には同一の符号を附してその説明を省略する。

他の発光素子 3 2 3 の電極配置例を図 5 5 に示した。図 5 5 において、図 5 3 と同一の要素には同一の符号を付してその説明を省略する。この発光素子 3 2 3 では第 2 の p 補助電極 3 2 5 がほぼ中央に配置され、第 3 及び第 4 の補助電極 3 2 6 及び 3 2 7 が、第 1 の補助電極 3 0 8 と対向する隅部に形成されている。第 2、3 及び 4 の補助電極 3 2 5、3 2 6、3 2 7 は p 台座電極 3 0 7 から分離されている。第 2、3 及び 4 の補助電極 3 2 5、3 2 6、3 2 7 の電位はそれぞれにおいて p 台座電極 3 0 7 及び第 1 の p 補助電極 3 0 8 に最も近い部分の電位で規定され、各々はその全域において同一電位となる。従って、C 字形状の n 補助電極 3 1 0 の内側に対して実質的に等距離に第 2 の p 補助電極 3 2 5 が与える同一電位域が存在することとなり、n 補助電極 3 1 0 内での電流分布がより均一になる。また、第 3 及び第 4 の p 補助電極 3 2 6、3 2 7 をみれば、p 台座電極 3 0 7 - 第 1 の p 補助電極 3 0 8 から最も遠い位置となる対向辺（図で上辺）に対して、各第 3 及び第 4 の p 補助電極 3 2 6、3 2 7 の下端（第 1 の p 補助電極 3 0 8 に最も近い部位）の電位が与えられることとなる。従って、当該上辺における電流分布を改善できる。

この素子は一辺の長さが  $1\,000\,\mu\text{m}$  の正方形である。

他の発光素子 3 3 3 の電極配置例を図 5 6 に示した。図 5 6 において、図 5 3 と同一の要素には同一の符号を付してその説明を省略する。この発光素子 3 3 3 では第 2 の p 台座電極 3 3 6 及び第 3 の p 台座電極 3 3 7 がそれぞれ上辺（第 1 の p 台座電極 3 0 7 と対向する辺）の両隅に形成されている。当該第 2 及び第 3

のp台座電極336、337へダイボンドが行われれば、第1、第2及び第3のp台座電極307、336、337の電位が等しくなる。従って、発光素子の333のほぼ全面に渡って均等な電流密度が得られることとなる。

この素子は一辺の長さが1000 $\mu$ mの正方形である。

他の発光素子343の電極配置例を図57に示した。図57において、符号346は透光性電極、符号347は第1のp台座電極、符号348、349はp補助電極を示し、これらは一体的に形成されている。第1のp台座電極347は発光素子343の一の隅に形成され、p補助電極348が下辺に沿ってその約2/3の位置まで伸びている。p補助電極349は右辺に沿ってその約2/3の位置まで伸びている。第1のp台座電極347と対向する隅部に第2のp台座電極357が形成され、これからp補助電極358が一体的に形成され、上辺に沿ってそのほぼ2/3の位置まで伸びている。更に第2のp台座電極357からはp補助電極359が一体的に形成され、左辺に沿ってそのほぼ2/3の位置まで伸びている。

n台座電極349はほぼ中央に形成されている。

符号351はn電極形成面、符号352はダイシングのために表出した基板材料面である。

他の発光素子363の電極配置例を図58に示した。図57において図56と同一の要素には同一の符号を付してその説明を省略する。符号367は第1のp台座電極、符号368はp補助電極を示し、これらは一体的に形成されている。第1のp台座電極367は発光素子363の一の隅に形成され、p補助電極368が下辺から左辺まで伸びてそのほぼ半分の位置まで達している。第1のp台座電極367と対向する隅部に第2のp台座電極377形成され、これからp補助電極378が一体的に形成され、上辺から右辺まで伸びてそのほぼ半分の位置まで達している。

#### 産業上の利用可能性

この発明は、上記発明の実施の形態及び実施例の説明に何ら限定されるもので

はない。特許請求の範囲の記載を逸脱せず、当業者が容易に想到できる範囲で種々の変形態様もこの発明に含まれる。

以下、次の事項を開示する。

- 1 1 素子を平面からみたとき、n台座電極からn補助電極が該素子の中央部分へ延長されている、ことを特徴とするIII族窒化物系化合物半導体素子。
- 1 2 前記素子は平面からみたとき矩形であり、一の辺の長さが500 $\mu$ m以上である、ことを特徴とする1 1に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。
- 1 3 前記素子は、透光性電極と、p台座電極及び該p台座電極から延長したp補助電極を備えてなるp電極とを有する、ことを特徴とする1 1又は1 2に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。
- 1 4 前記透光性電極の任意の点と前記p台座電極又はp補助電極との距離が0～1000 $\mu$ mの範囲内にある、ことを特徴とする1 3に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。
- 1 5 前記n補助電極と前記p補助電極とがくし状に配置されている、ことを特徴とする1 3又は1 4に記載のIII族窒化物系化合物半導体。
- 1 6 前記n補助電極と前記p補助電極とは相互に平行に配置される部分を含む、ことを特徴とする1 3～1 5のいずれかに記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。
- 1 7 前記n台座電極が複数配置され、前記p台座電極が複数配置されている、ことを特徴とする1 3～1 6のいずれかに記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。
- 1 8 発光素子構造若しくは受光素子構造を有する、ことを特徴とする1 1～1 7のいずれかに記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。
- 2 1 透光性電極の任意の点とp台座電極又はp補助電極との距離が0～1000 $\mu$ mの範囲内にある、ことを特徴とするIII族窒化物系化合物半導体素子。
- 2 2 前記素子は平面からみたとき矩形であり、一の辺の長さが500 $\mu$ m以上である、ことを特徴とする2 1に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。
- 2 3 前記n補助電極と前記p補助電極とがくし状に配置されている、ことを特

微とする 2 1 又は 2 2 のいずれかに記載の III 族窒化物系化合物半導体。

2 4 前記 n 補助電極と前記 p 補助電極とは相互に平行に配置される部分を含む、ことを特徴とする 2 1 ～ 2 3 のいずれかに記載の III 族窒化物系化合物半導体素子。

2 5 前記 n 台座電極が複数配置され、前記 p 台座電極が複数配置されている、ことを特徴とする 2 1 ～ 2 4 のいずれかに記載の III 族窒化物系化合物半導体素子。

2 6 発光素子構造若しくは受光素子構造を有する、ことを特徴とする 2 1 ～ 2 5 のいずれかに記載の III 族窒化物系化合物半導体素子。

3 1 n 台座電極及び n 補助電極を有する n 電極と、  
透光性電極と、

p 台座電極及び p 補助電極を有する p 電極と、を備えてなり、

素子を平面から見たとき、前記 n 補助電極と前記 p 補助電極とがくし状に配置されている、ことを特徴とする III 族窒化物系化合物半導体。

3 2 前記素子は平面から見たとき矩形であり、一の辺の長さが  $500\mu\text{m}$  以上である、ことを特徴とする 3 1 に記載の III 族窒化物系化合物半導体素子。

3 3 前記 n 台座電極が複数配置され、前記 p 台座電極が複数配置されている、ことを特徴とする 3 1 又は 3 2 に記載の III 族窒化物系化合物半導体素子。

3 4 発光素子構造若しくは受光素子構造を有する、ことを特徴とする 3 1 ～ 3 3 のいずれかに記載の III 族窒化物系化合物半導体素子。

4 1 n 台座電極及び n 補助電極を有する n 電極と、  
透光性電極と、

p 台座電極及び p 補助電極を有する p 電極と、を備えてなり、

素子を平面から見たとき、前記 n 補助電極と前記 p 補助電極は相互に平行に配置される部分を含む、ことを特徴とする III 族窒化物系化合物半導体。

4 2 前記素子は平面から見たとき矩形であり、一の辺の長さが  $500\mu\text{m}$  以上である、ことを特徴とする 4 1 に記載の III 族窒化物系化合物半導体素子。

4 3 前記 n 台座電極が複数配置され、前記 p 台座電極が複数配置されている、

ことを特徴とする 4 1 又は 4 2 に記載の III 族窒化物系化合物半導体素子。

4 4 発光素子構造若しくは受光素子構造を有する、ことを特徴とする 4 1 ～ 4 3 のいずれかに記載の III 族窒化物系化合物半導体素子。

5 1 前記素子は平面からみたとき矩形でありかつ一の辺の長さが  $500\mu\text{m}$  以上であり、複数の n 台座電極と複数の p 台座電極を備える、ことを特徴とする III 族窒化物系化合物半導体素子。

5 2 第 1 の辺に 2 つの n 台座電極が配置され、該第 1 の辺に対向する第 2 の辺に 2 つの p 台座電極が配置され、前記 n 台座電極からは n 補助電極が延長され、前記 p 台座電極からは p 補助電極が延長される、ことを特徴とする 5 1 に記載の III 族窒化物系化合物半導体素子。

5 3 発光素子構造若しくは受光素子構造を有する、ことを特徴とする 5 1 又は 5 2 に記載の III 族窒化物系化合物半導体素子。

## 請 求 の 範 囲

1. 最外径が  $700\text{ }\mu\text{m}$ 以上の素子において、n電極から最も離れたp電極の点までの距離が  $500\text{ }\mu\text{m}$ 以内にある、III族窒化物系化合物半導体素子。

2. 前記素子は平面から見たとき矩形であり、一の辺の長さが  $500\text{ }\mu\text{m}$ 以上である、請求の範囲第1項に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

3. 前記n電極はn台座電極と該n台座電極から延長するn補助電極とを備えてなり、該n補助電極の少なくとも一部が、前記素子を平面から見たとき、前記素子の中央部分へ延長されている、請求の範囲第1項に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

4. 前記p電極はp台座電極及び該p台座電極から延長したp補助電極を備えてなるp電極を有する、請求の範囲第1項に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

5. 前記p電極をその上に有する透光性電極を更に有し、該透光性電極の任意の点と前記p台座電極又は前記p補助電極との距離が  $0\sim 1000\text{ }\mu\text{m}$ の範囲内にある、請求の範囲第4項に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

6. 前記n電極はn台座電極と該n台座電極から延長するn補助電極とを備えてなり、前記n補助電極と前記p補助電極とがくし状に配置されている、請求の範囲第4項に記載のIII族窒化物系化合物半導体。

7. 前記n電極はn台座電極と該n台座電極から延長するn補助電極とを備えてなり、前記n補助電極と前記p補助電極とは相互に平行に配置される部分を含む、請求の範囲第4項に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

8. 前記 n 台座電極が複数配置され、前記 p 台座電極が複数配置されている、請求の範囲第 6 項に記載の III 族窒化物系化合物半導体素子。

9. 前記 n 台座電極が複数配置され、前記 p 台座電極が複数配置されている、請求の範囲第 7 項に記載の III 族窒化物系化合物半導体素子。

10. 発光素子構造若しくは受光素子構造を有する、請求の範囲第 1 項に記載の III 族窒化物系化合物半導体素子。

11. 最外径が  $700\text{ }\mu\text{m}$  以上の素子において、p 電極上の任意の点から n 電極までの距離  $X\text{ }\mu\text{m}$  が以下の要件を満足する、

$$X \leq t / \rho$$

但し、 $t$  : n 型半導体層の膜厚

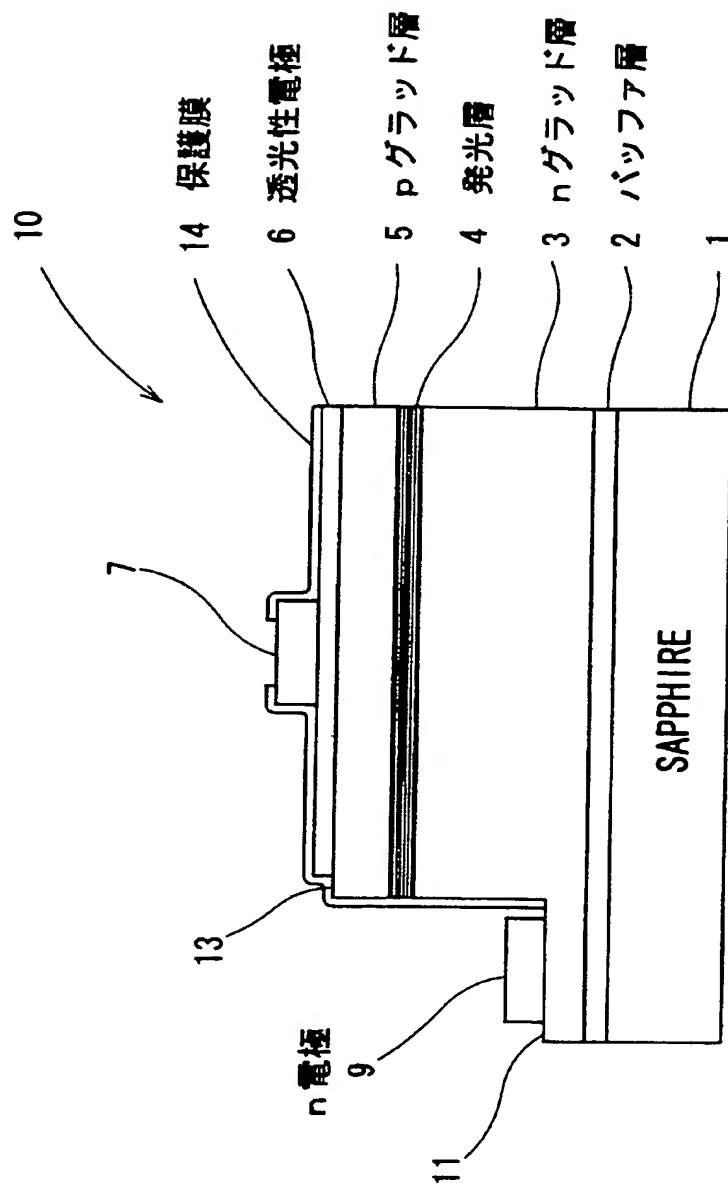
$\rho$  : n 型半導体層の抵抗率

III 族窒化物系化合物半導体素子。

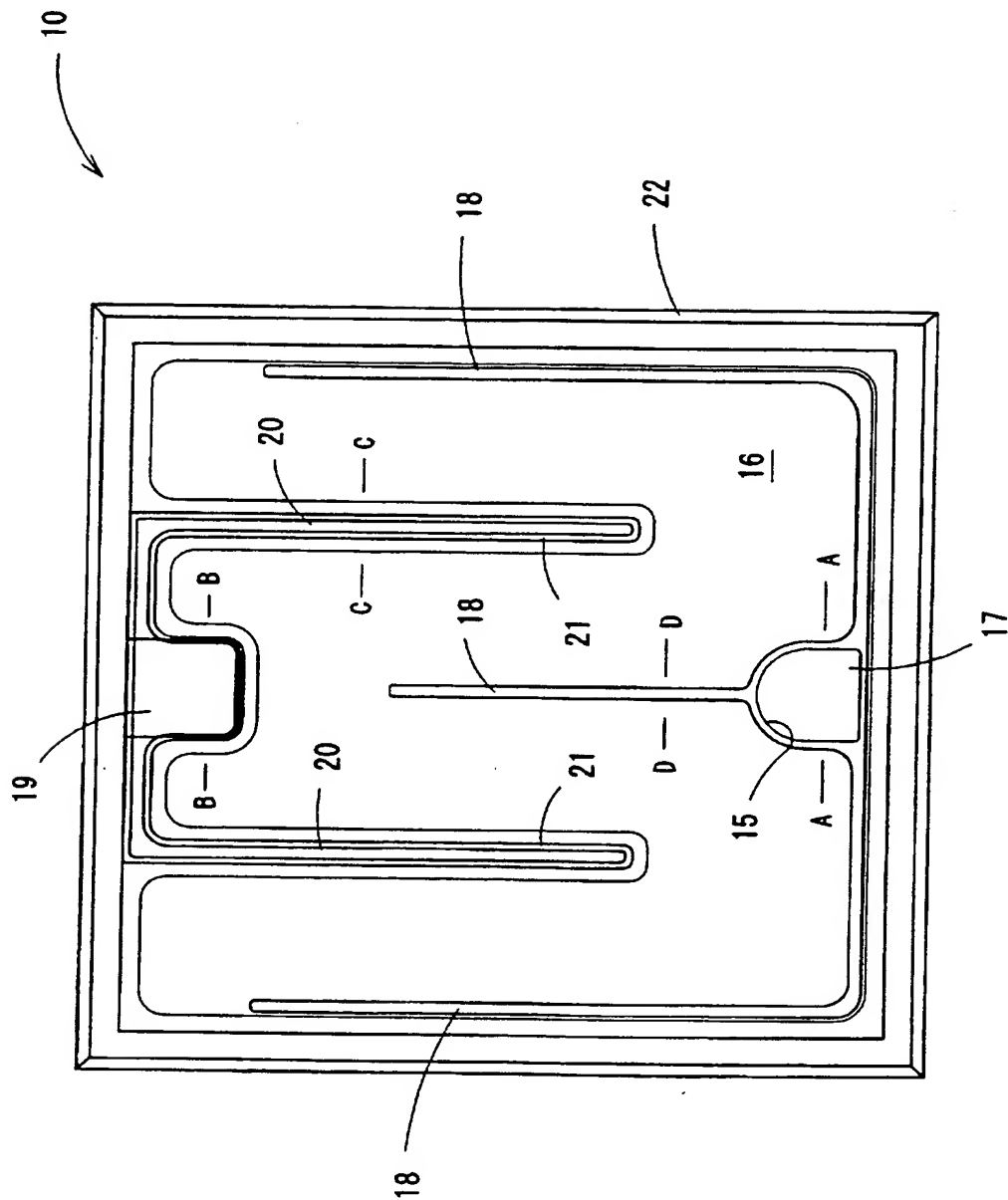
12. 最外径が  $700\text{ }\mu\text{m}$  以上の素子であって、n 型半導体層の抵抗率が  $0.004 \sim 0.01\text{ }\Omega \cdot \text{cm}$  でありかつ該 n 型半導体層の膜厚が  $3 \sim 5\text{ }\mu\text{m}$  の素子において、n 電極から最も離れた p 電極の点までの距離が  $300 \sim 500\text{ }\mu\text{m}$  の範囲である、III 族窒化物系化合物半導体素子。



図 1



2



3

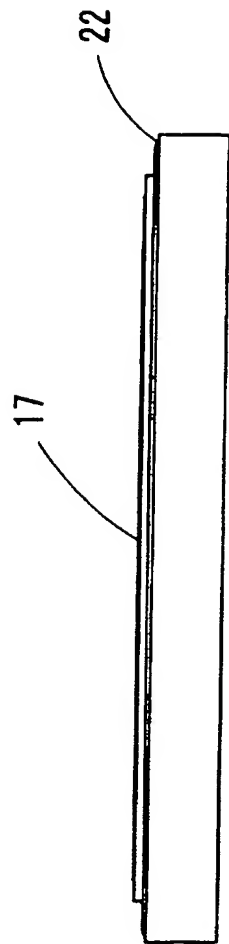


図 4

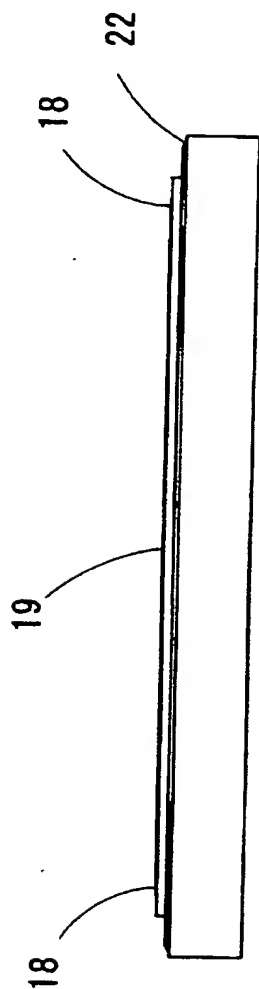
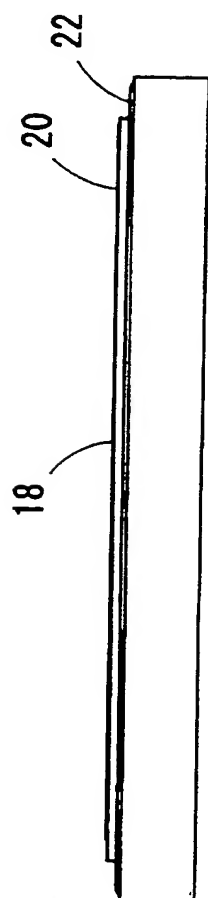


図 5



☒ 6

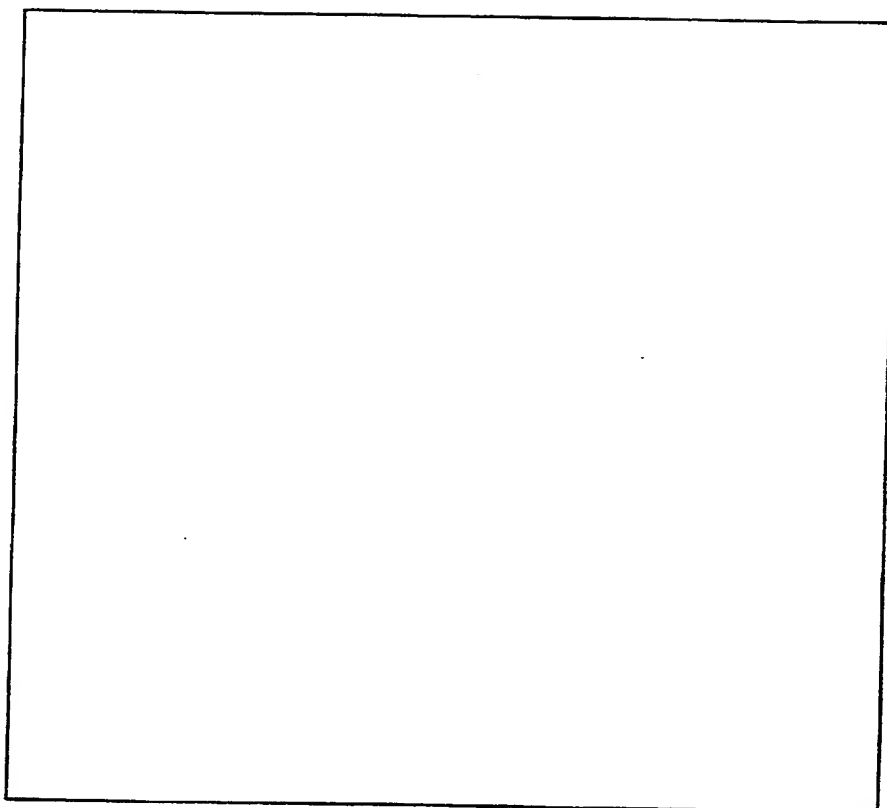
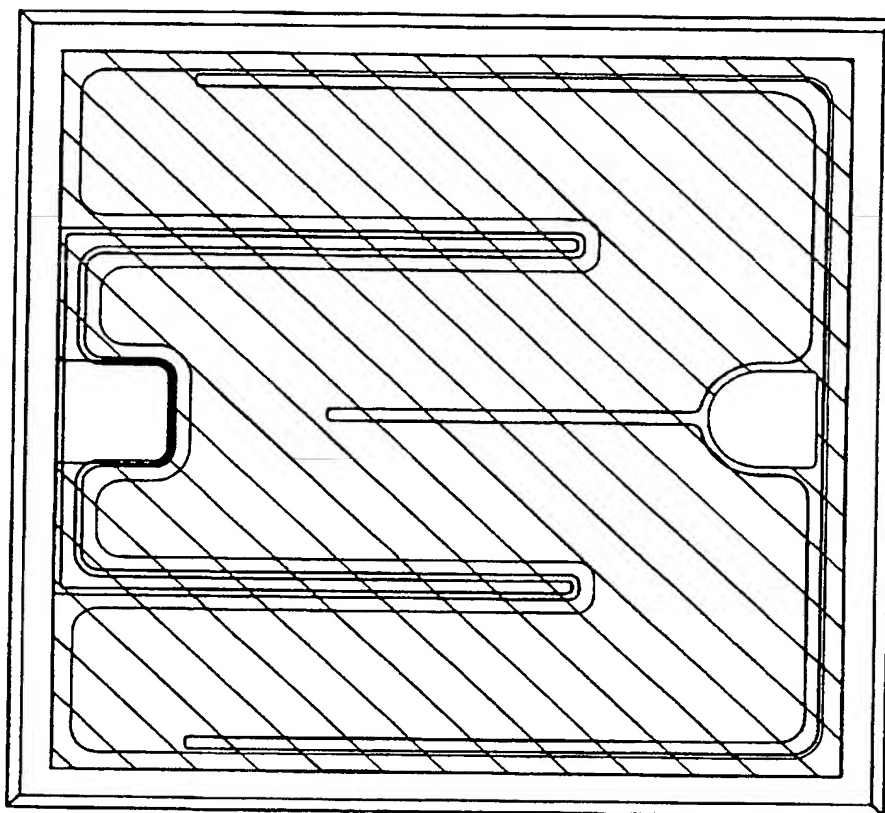
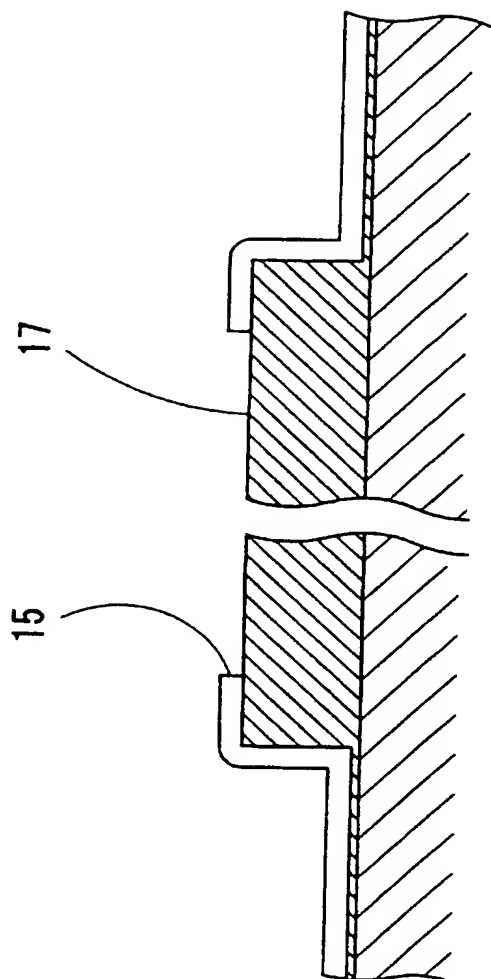


図 7



8





9

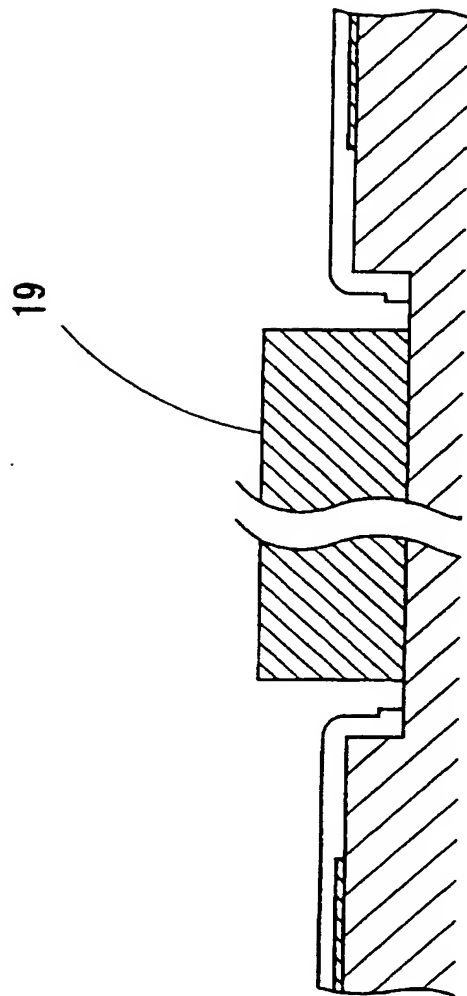
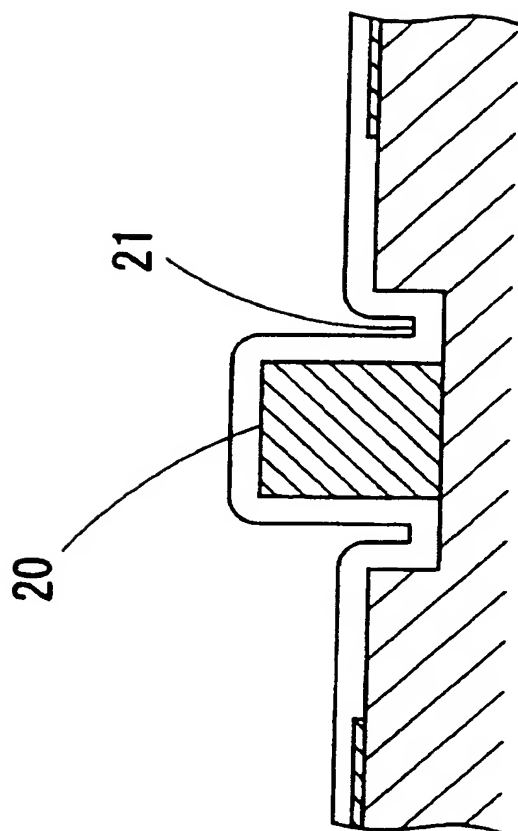


図 10



11

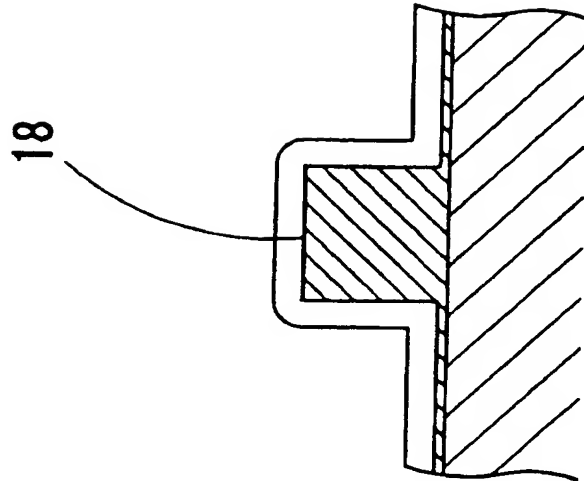
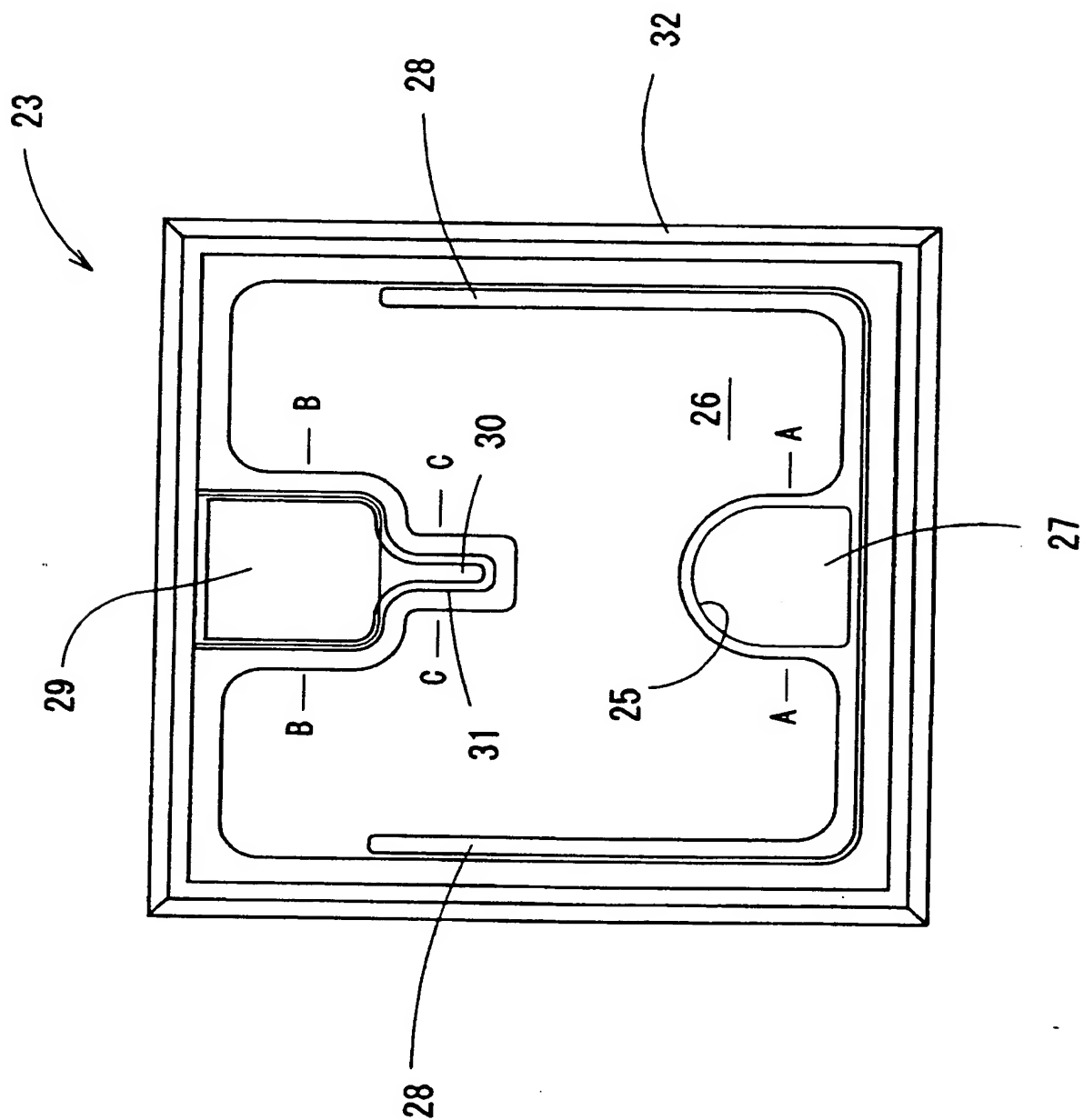


図 12



13

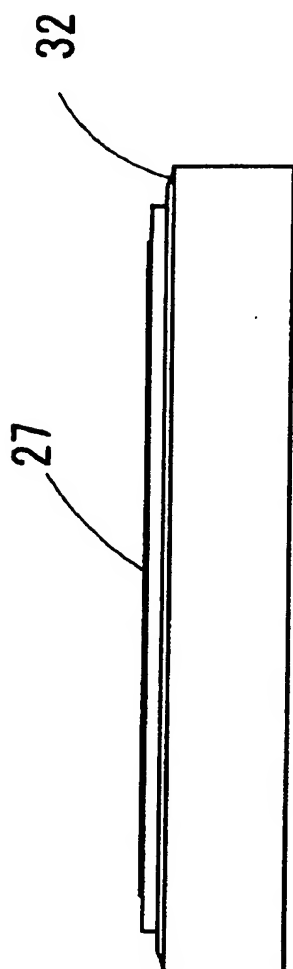


図 14

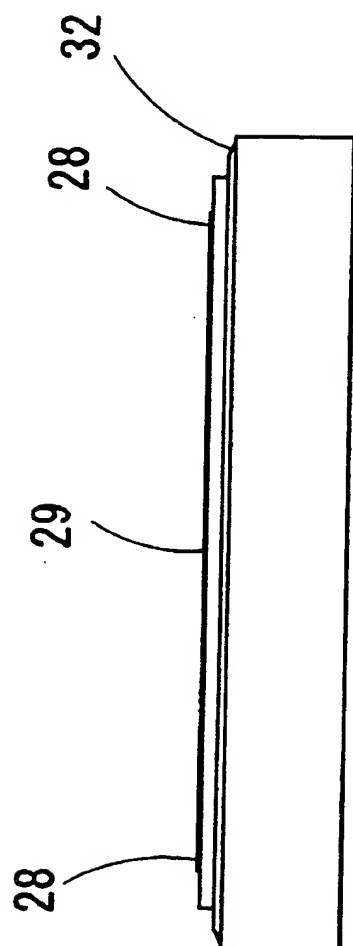
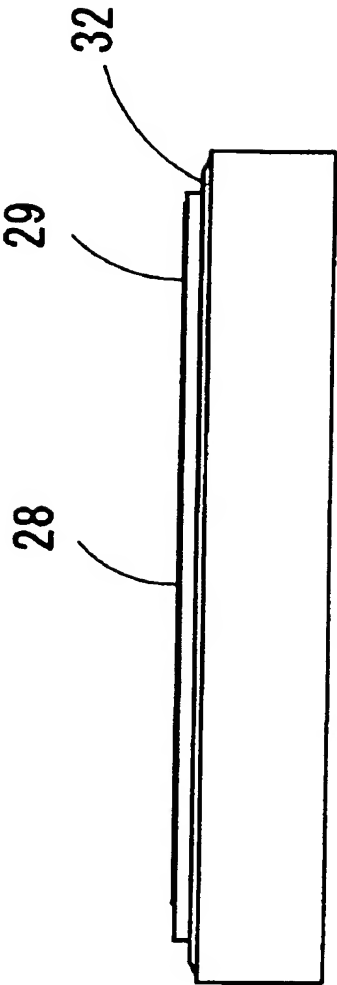


図 15



☒ 1 6

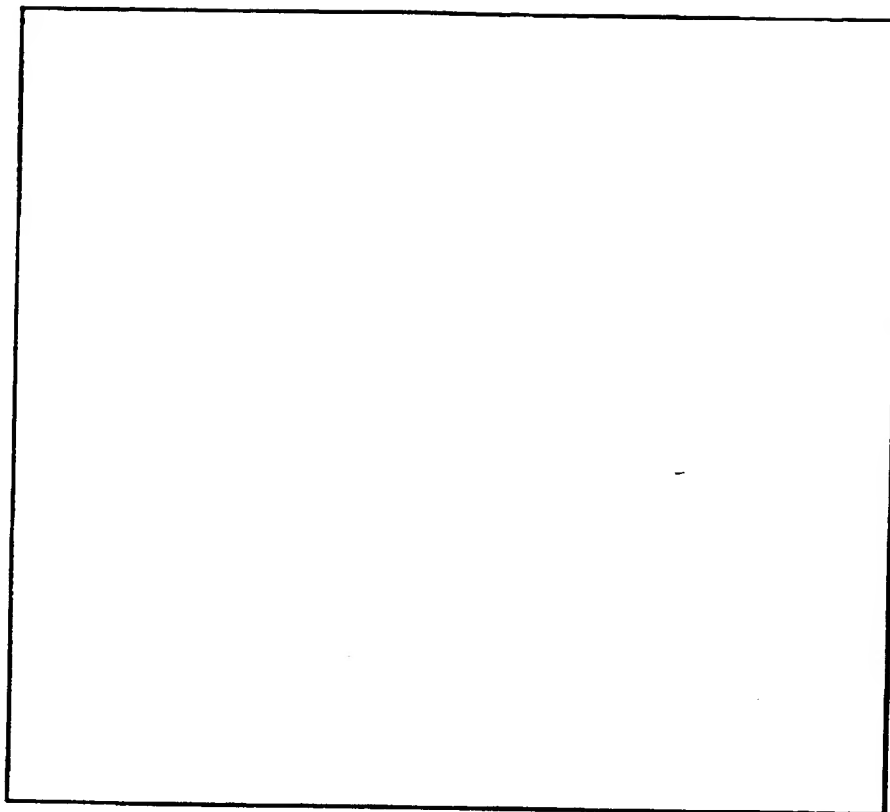




図 17

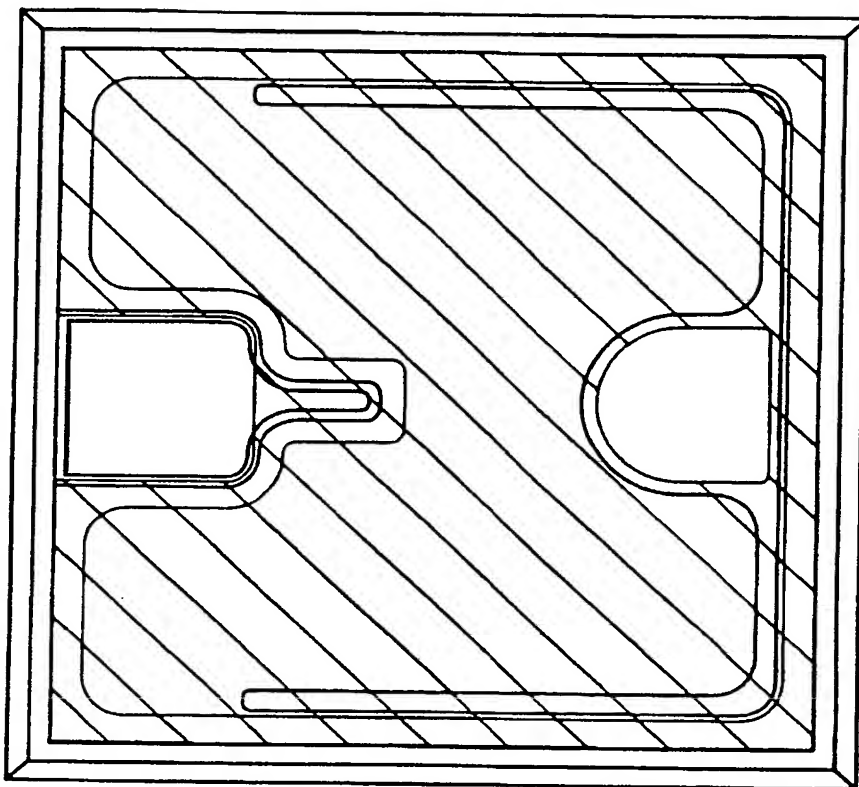


図 18

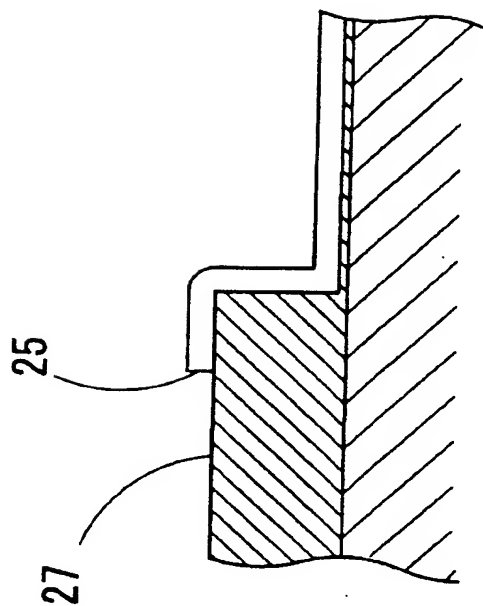


図 19

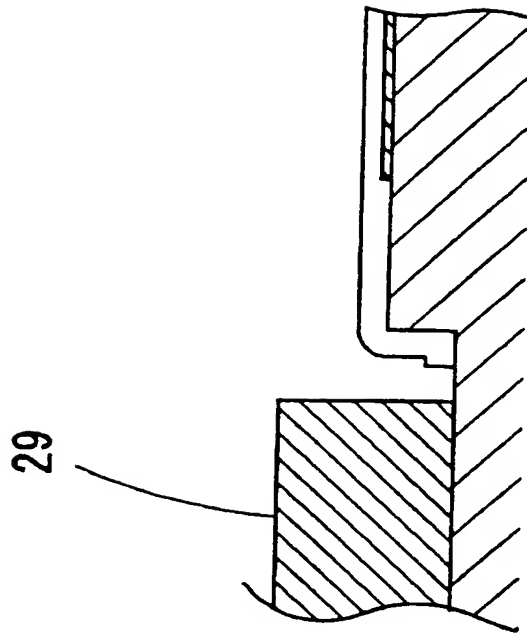
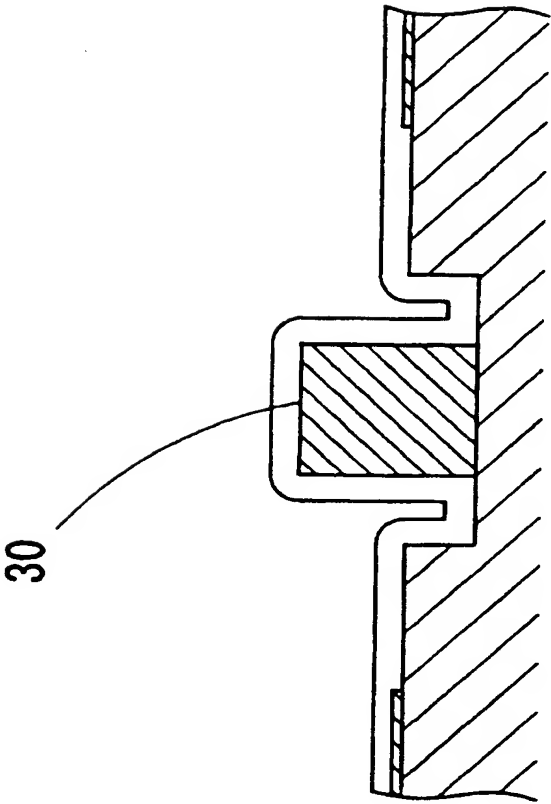
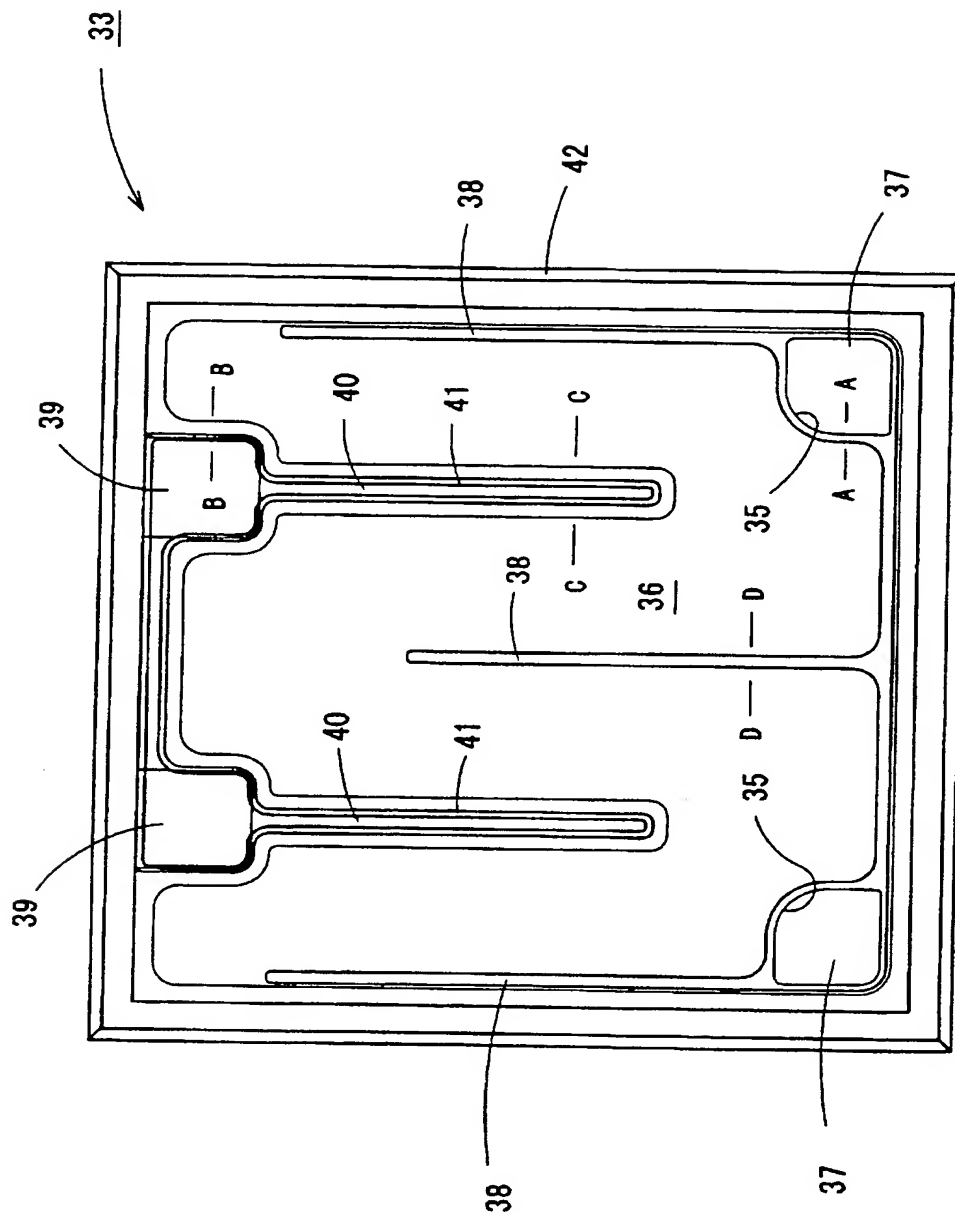


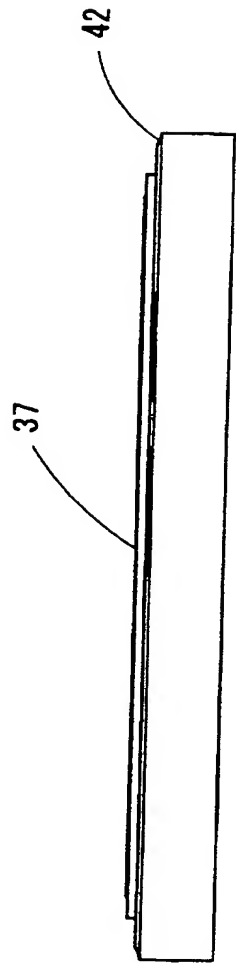
図 20



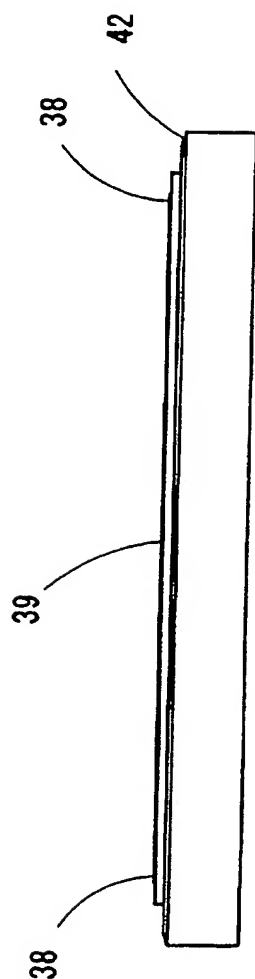
2 1



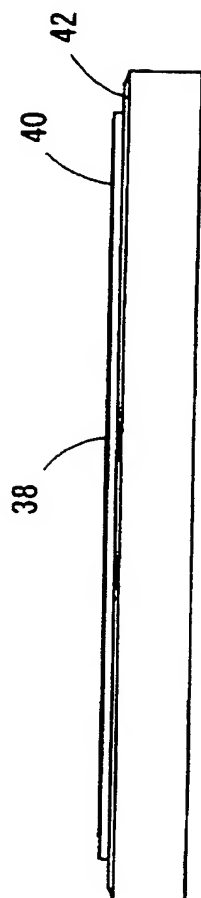
2 2



2 3



☒ 2 4





☒ 2 5

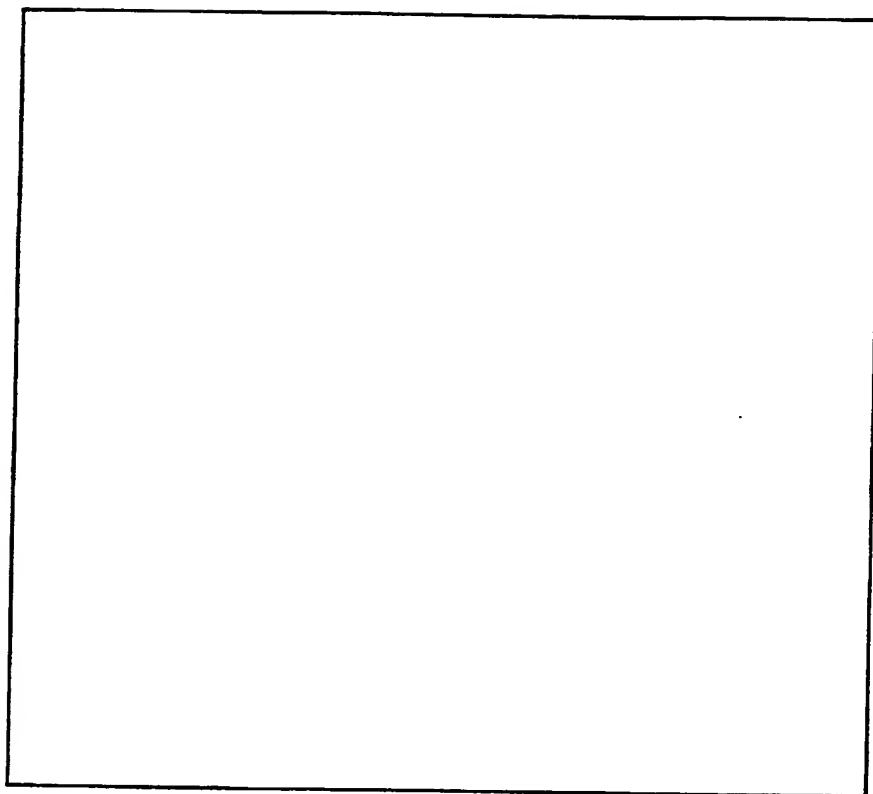
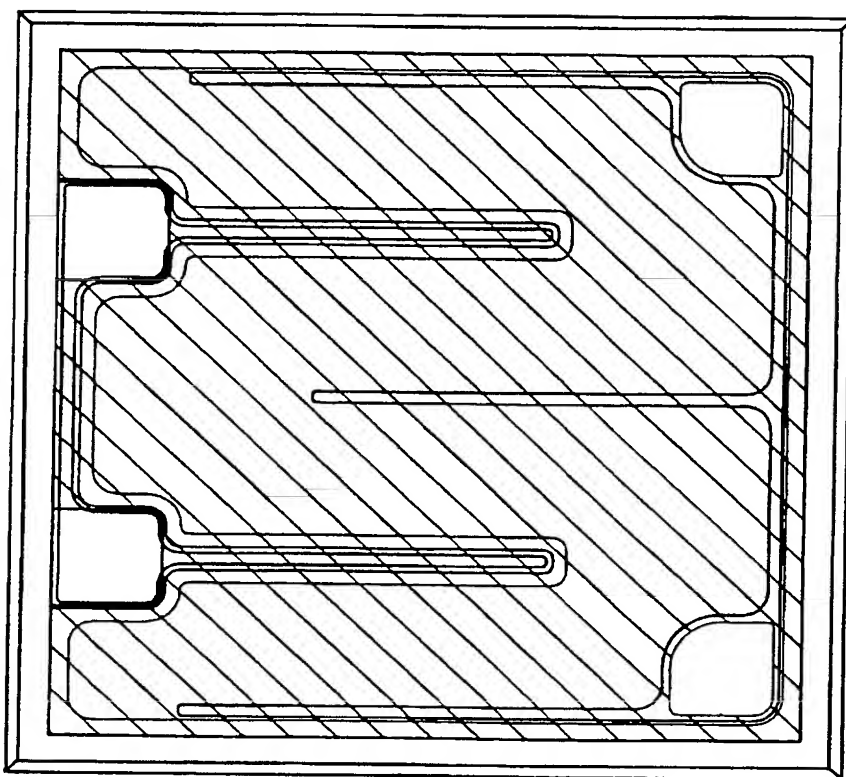
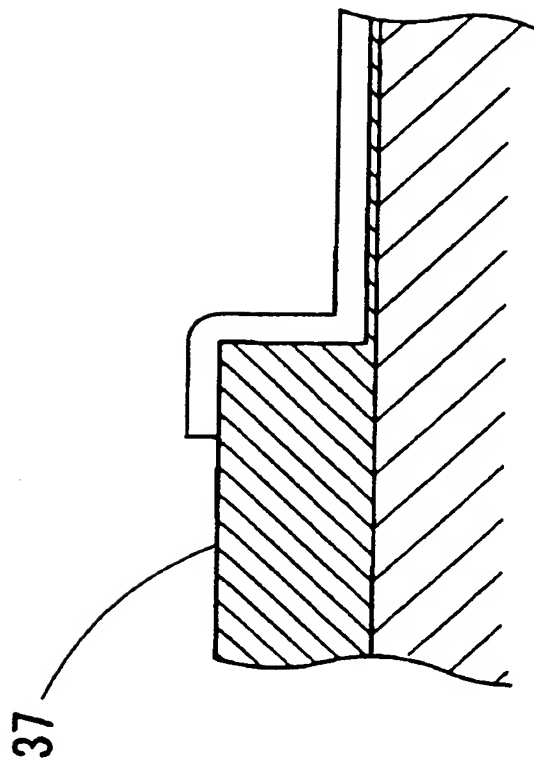


図 26



27



28

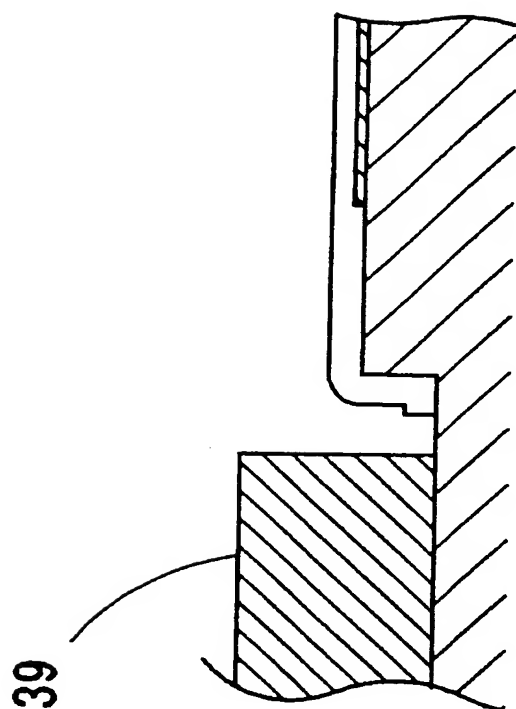


図 29

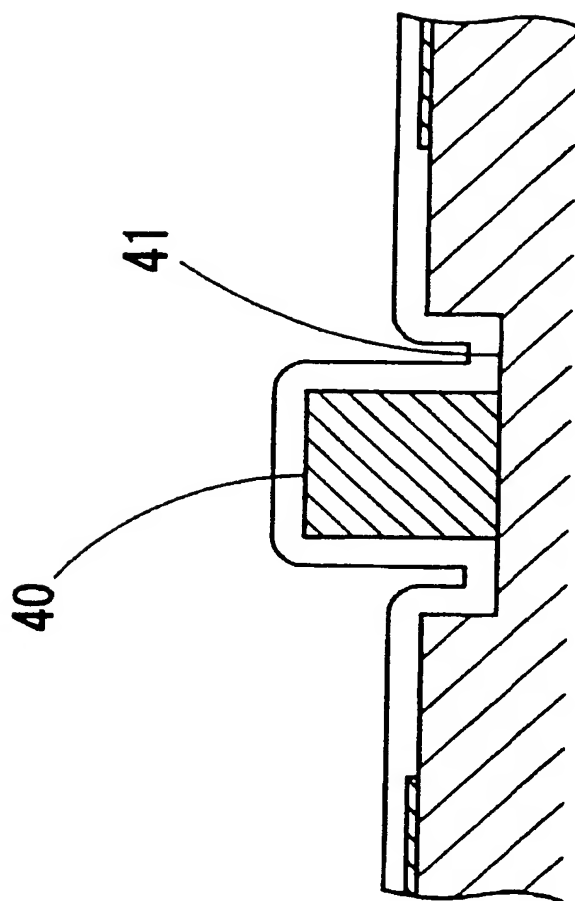
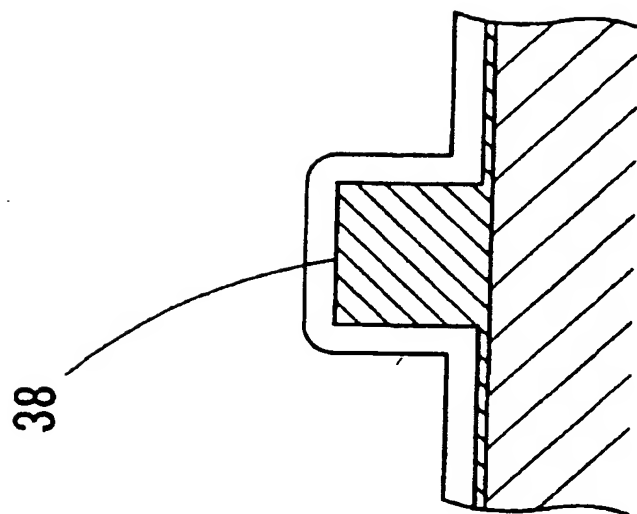


図 30



☒ 3 1

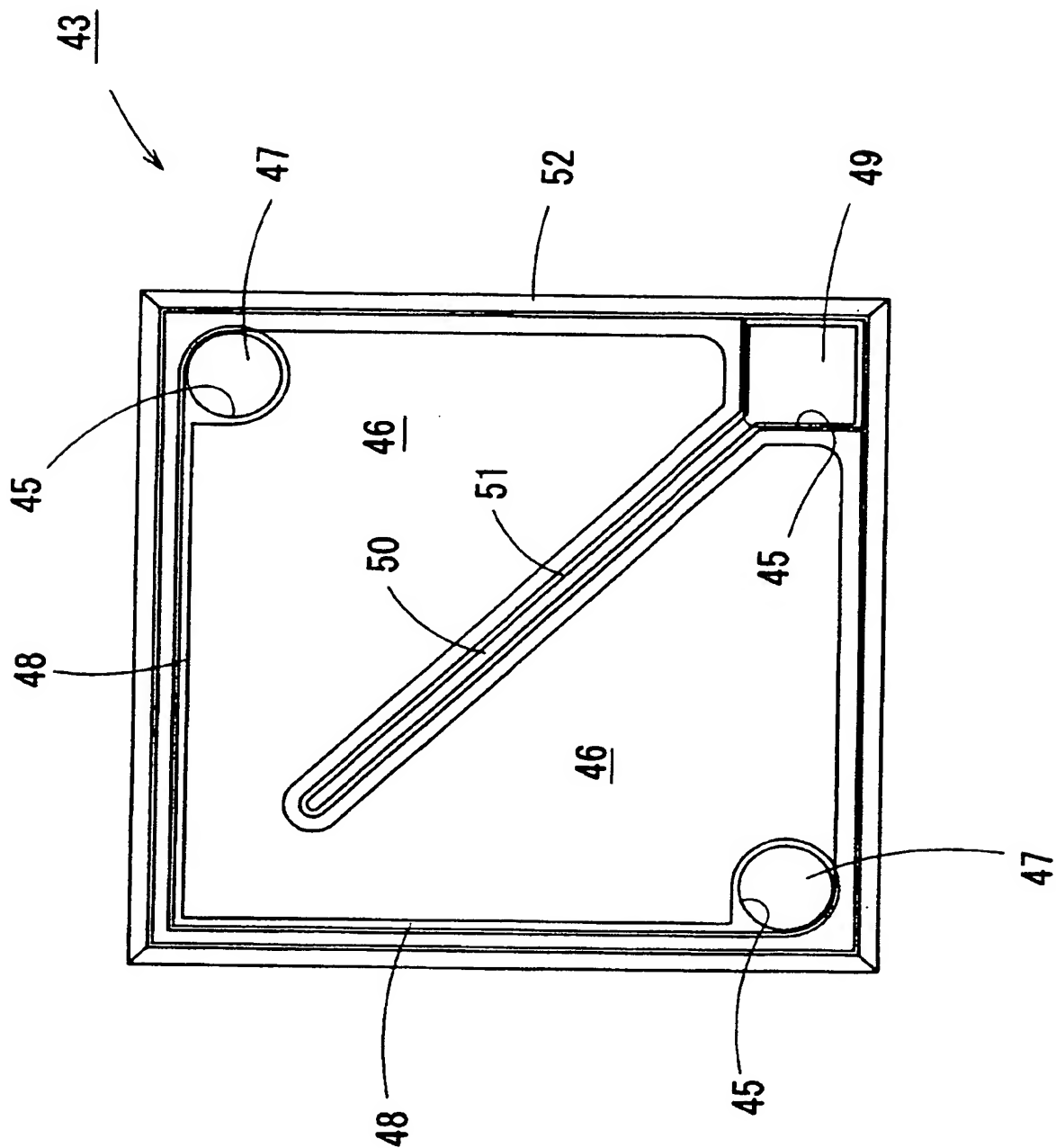
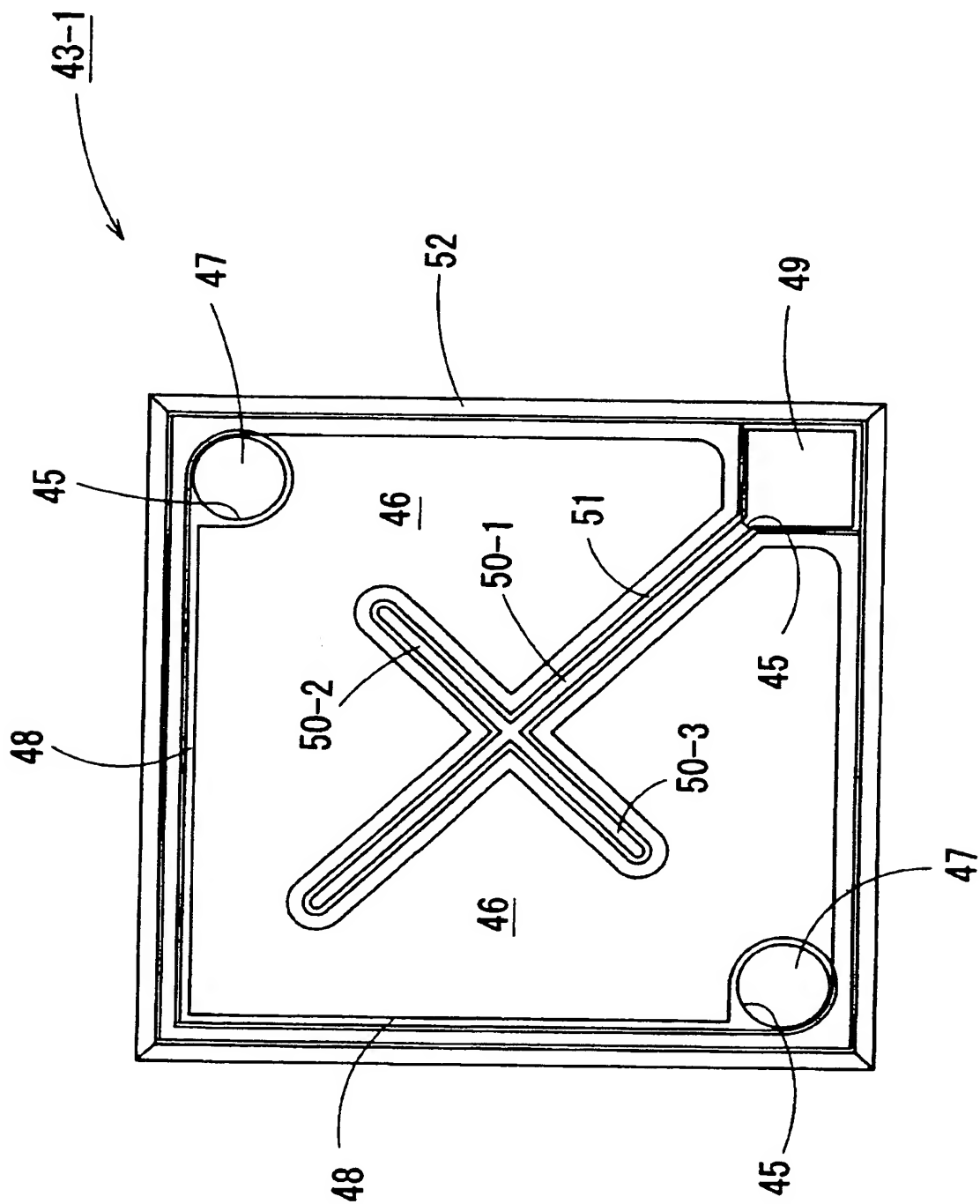
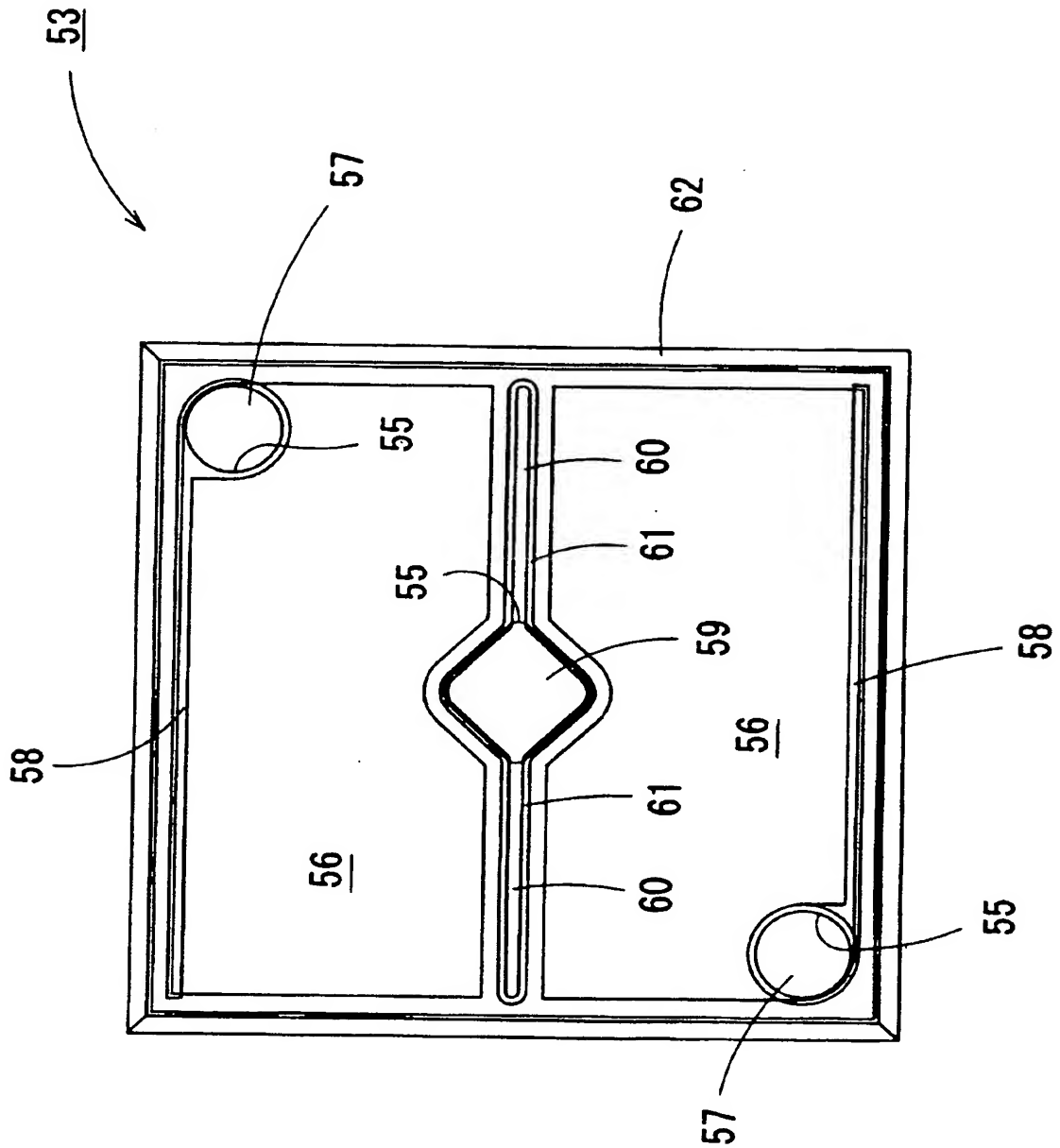


図 32





3 3



3 4

63

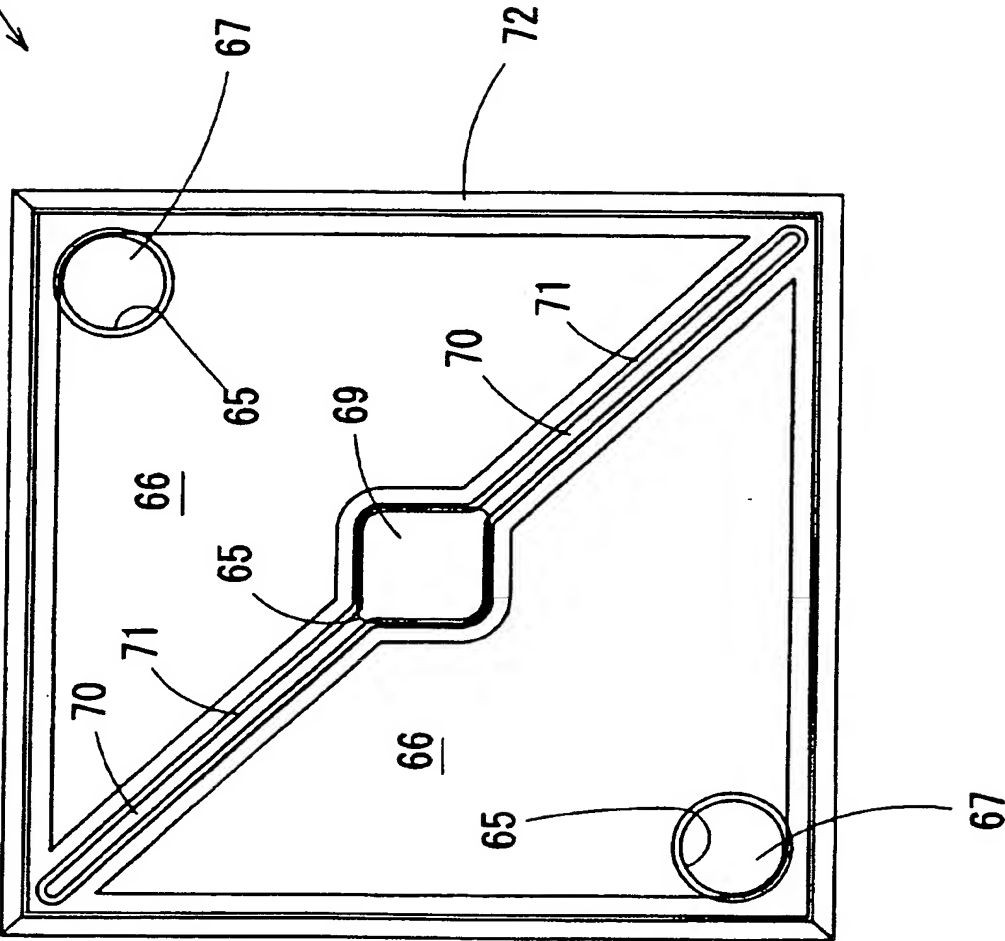


図 35

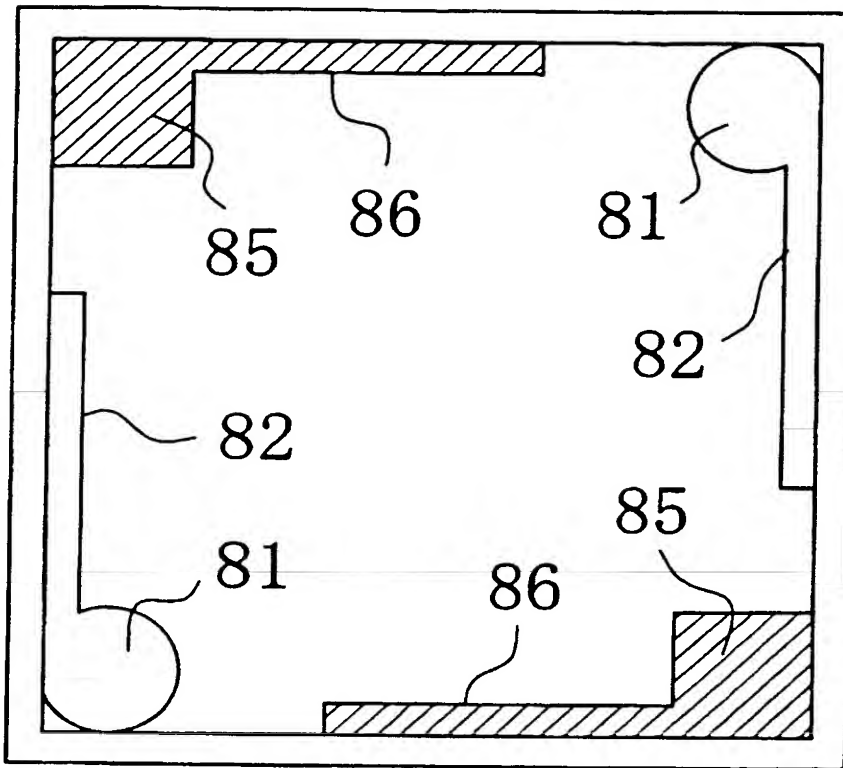


図 36

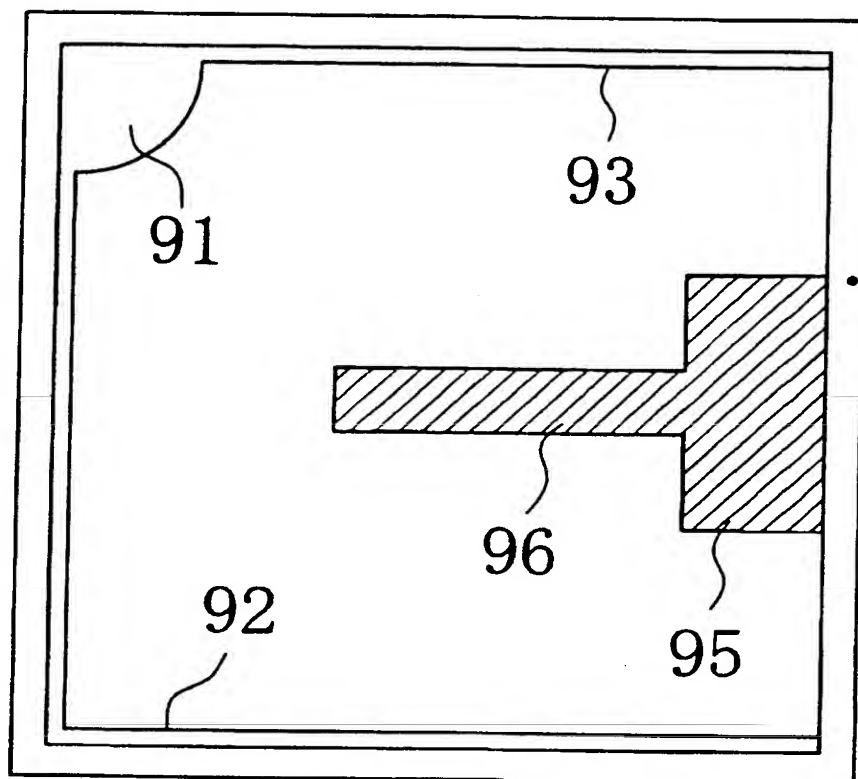


図 37

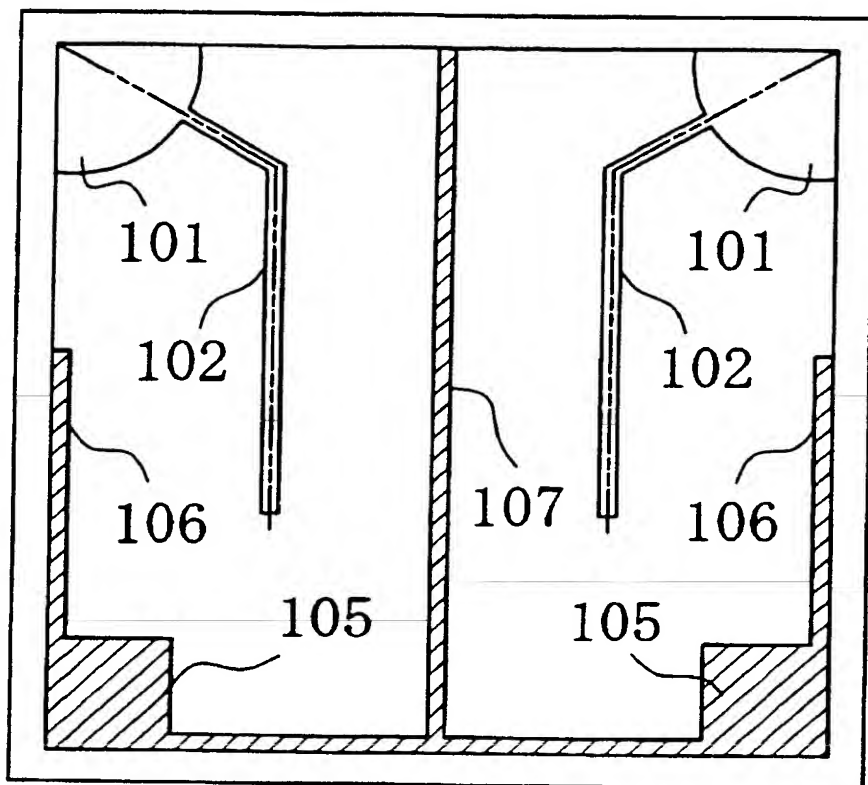


図 38

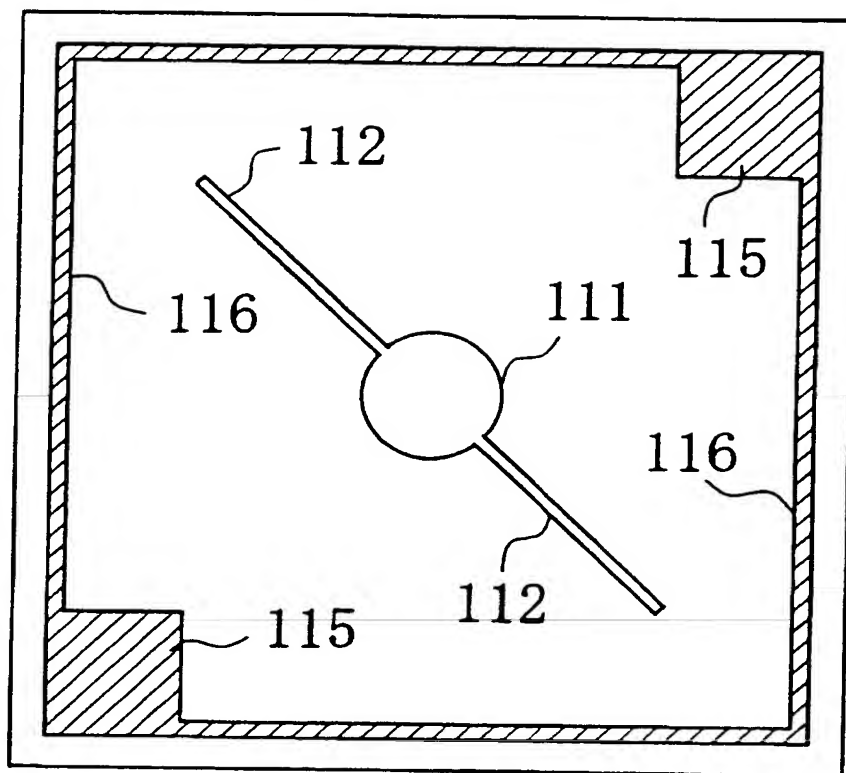


図 39

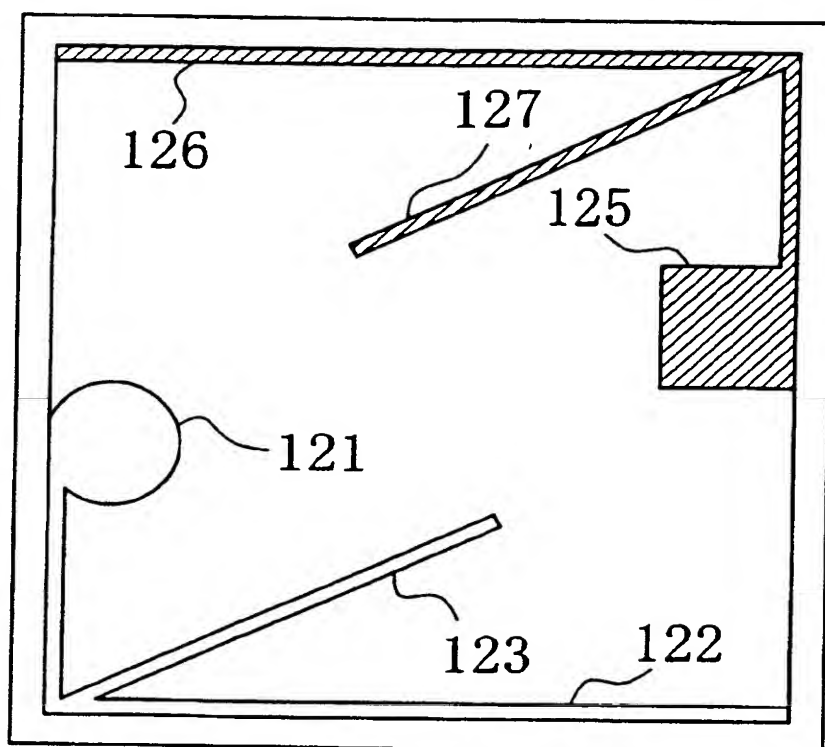


図 40

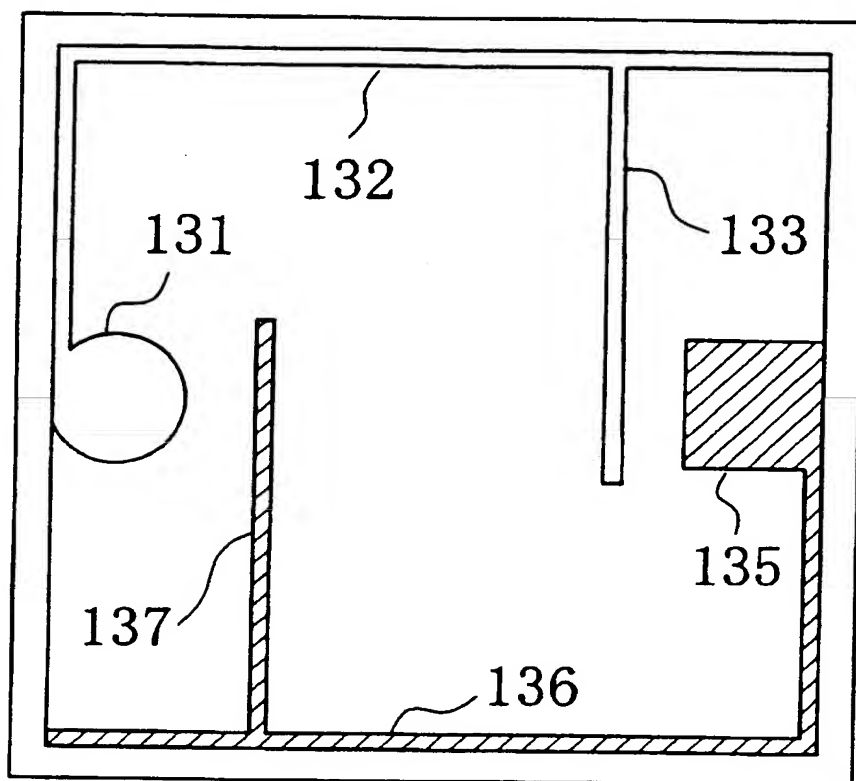




図 4 1

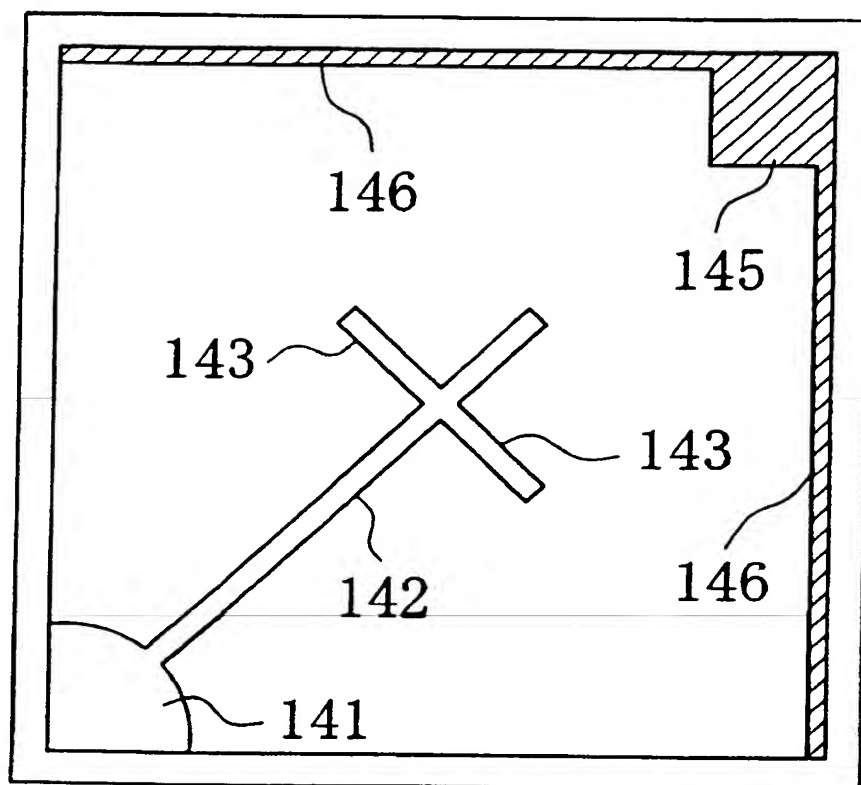


図 4 2

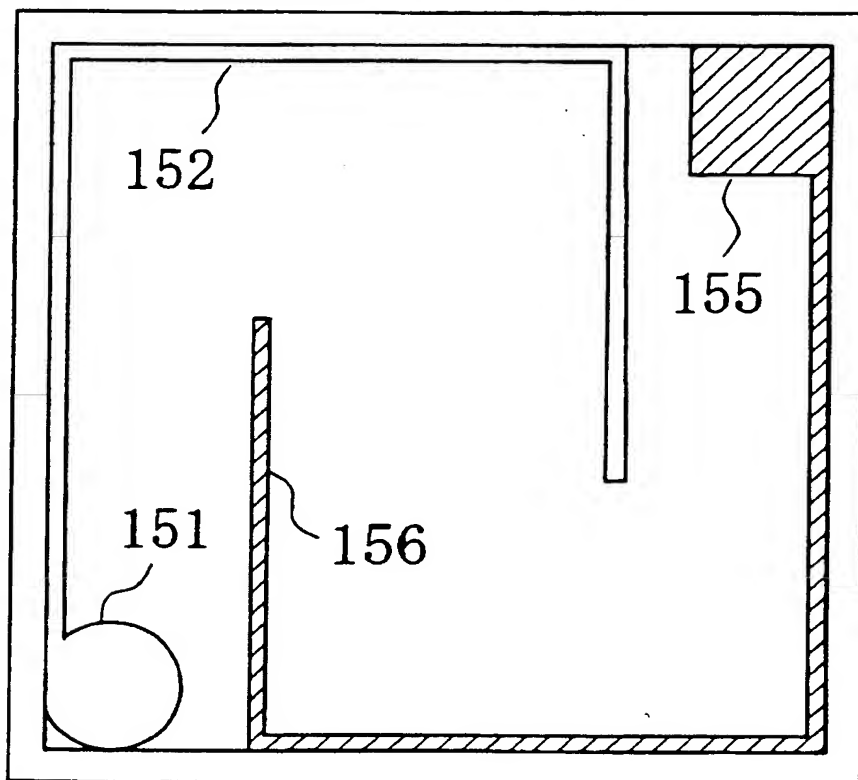
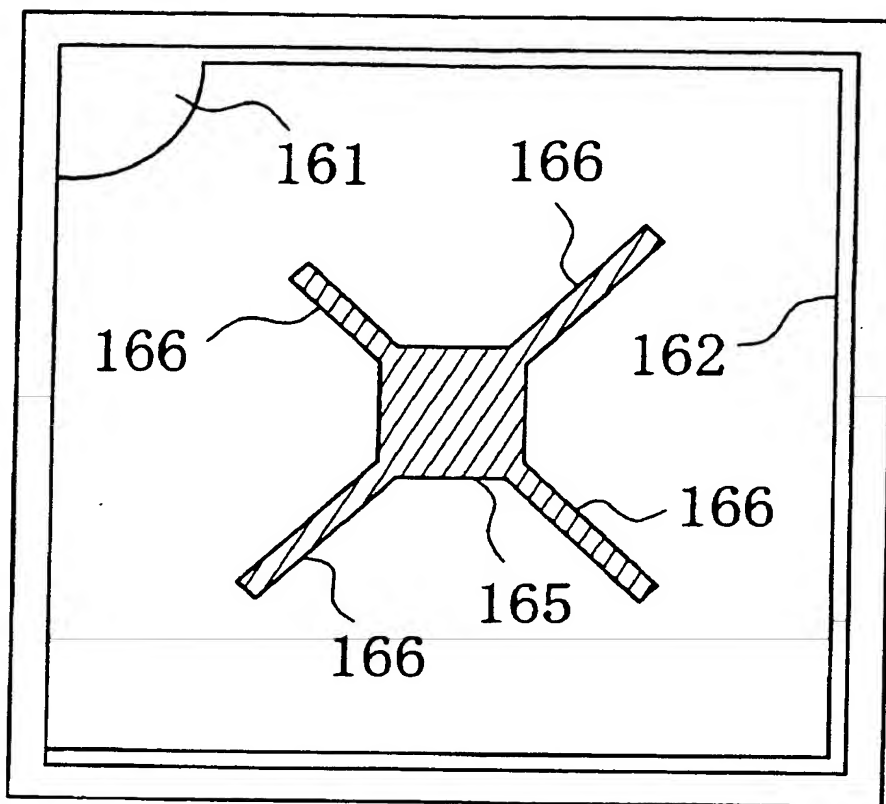


図 4 3



⊗ 4 4

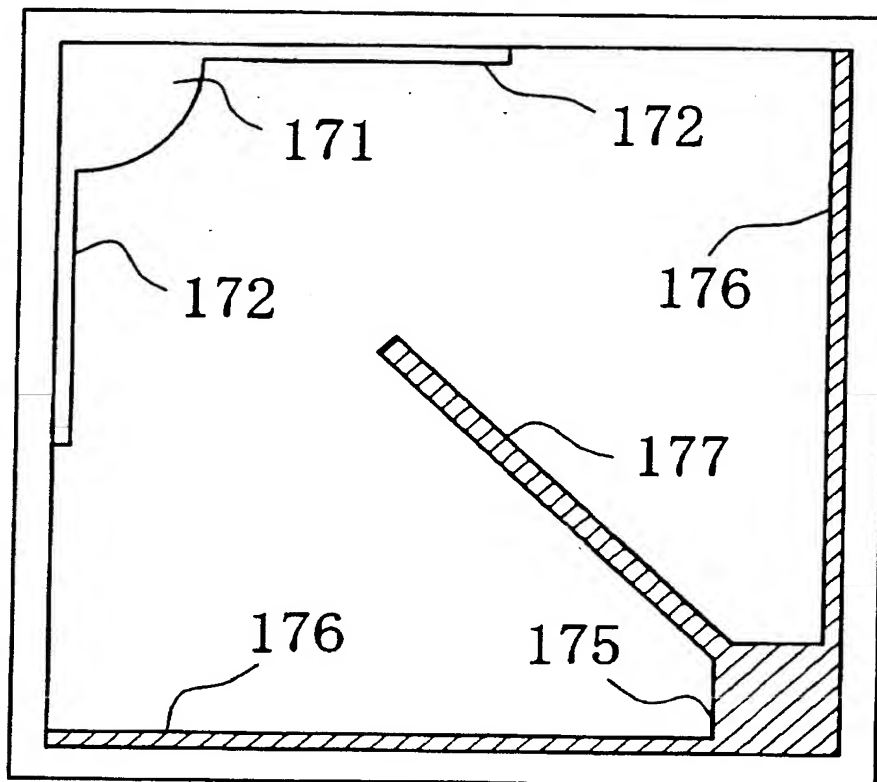


図 45

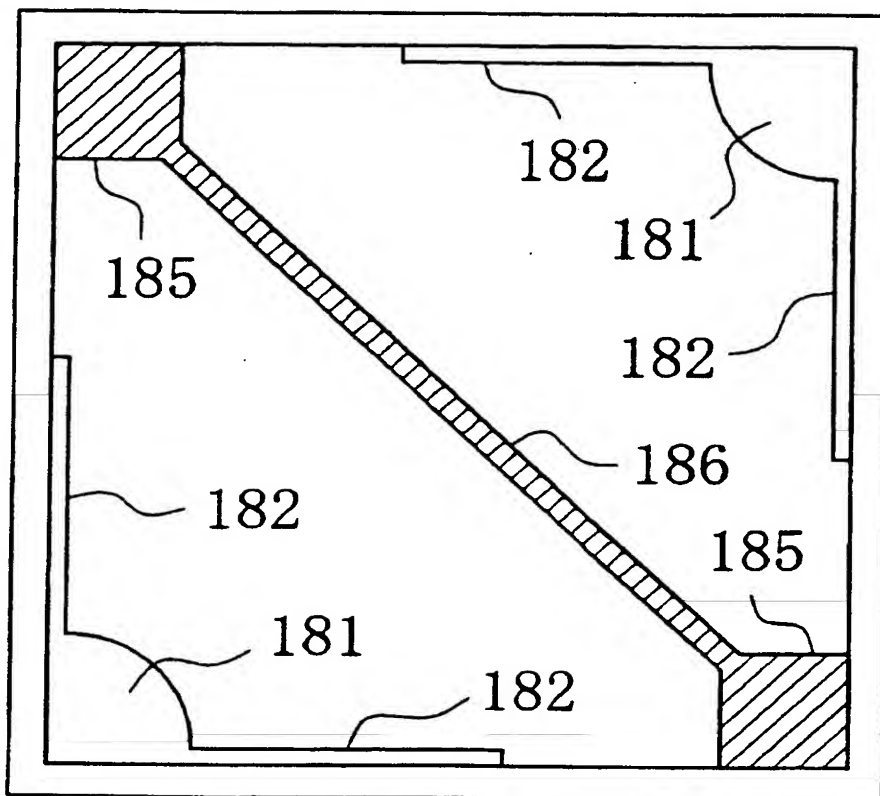


図 46

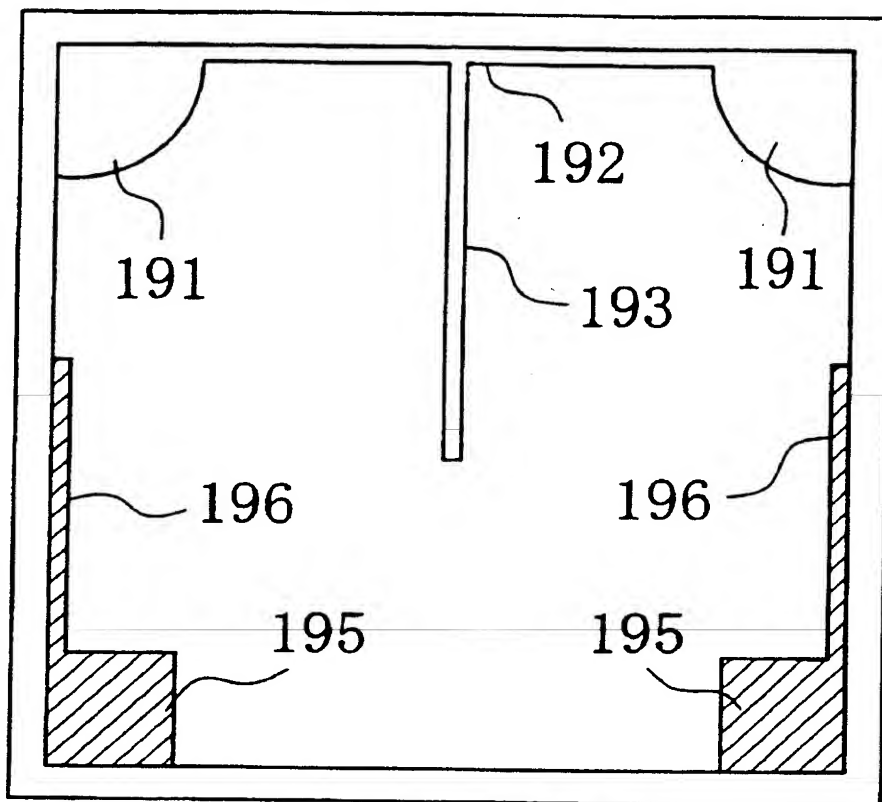


図 47

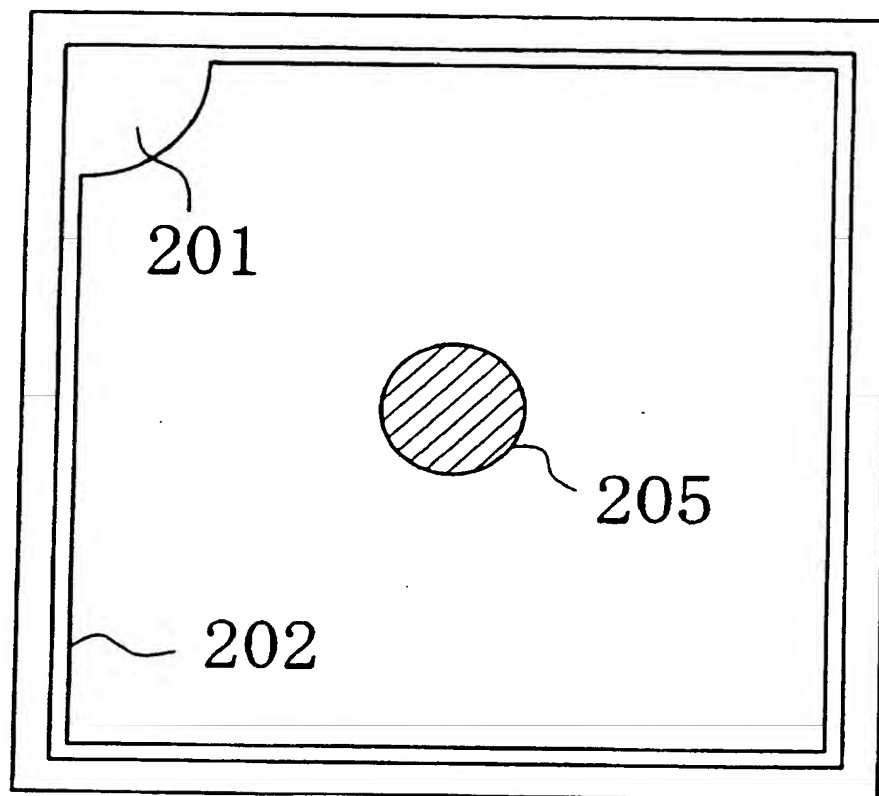


図 48

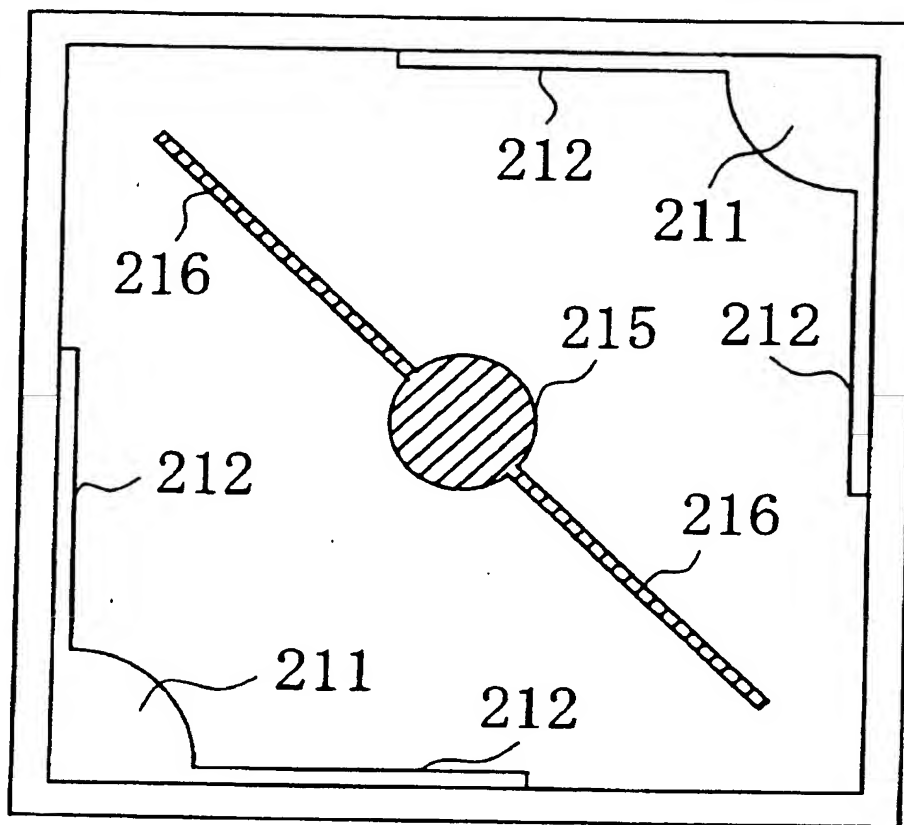




図 49

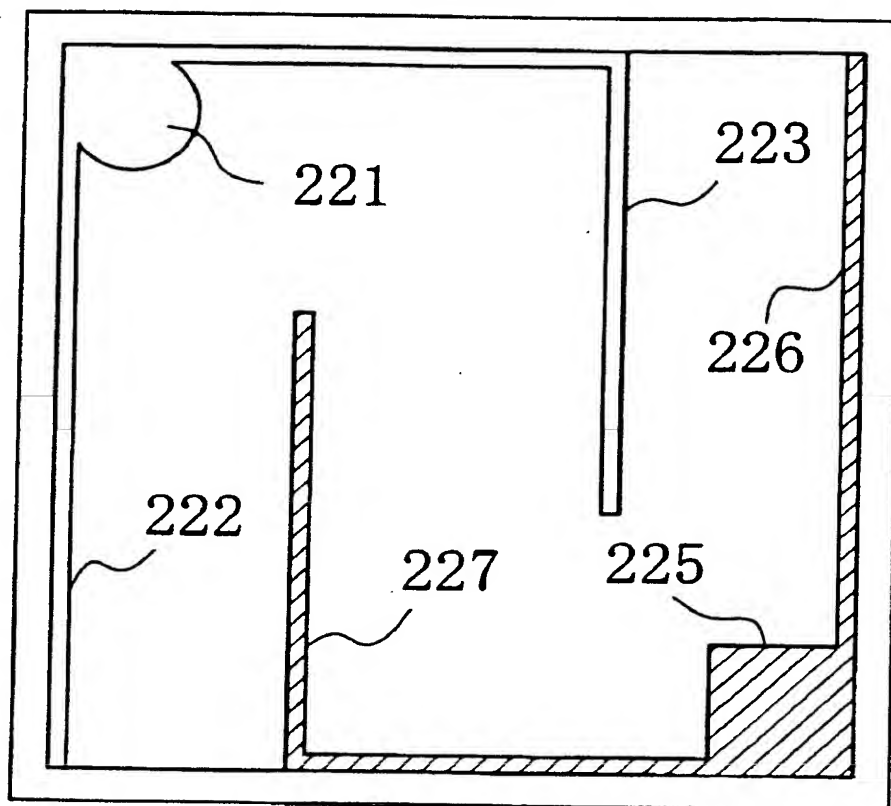


図 50

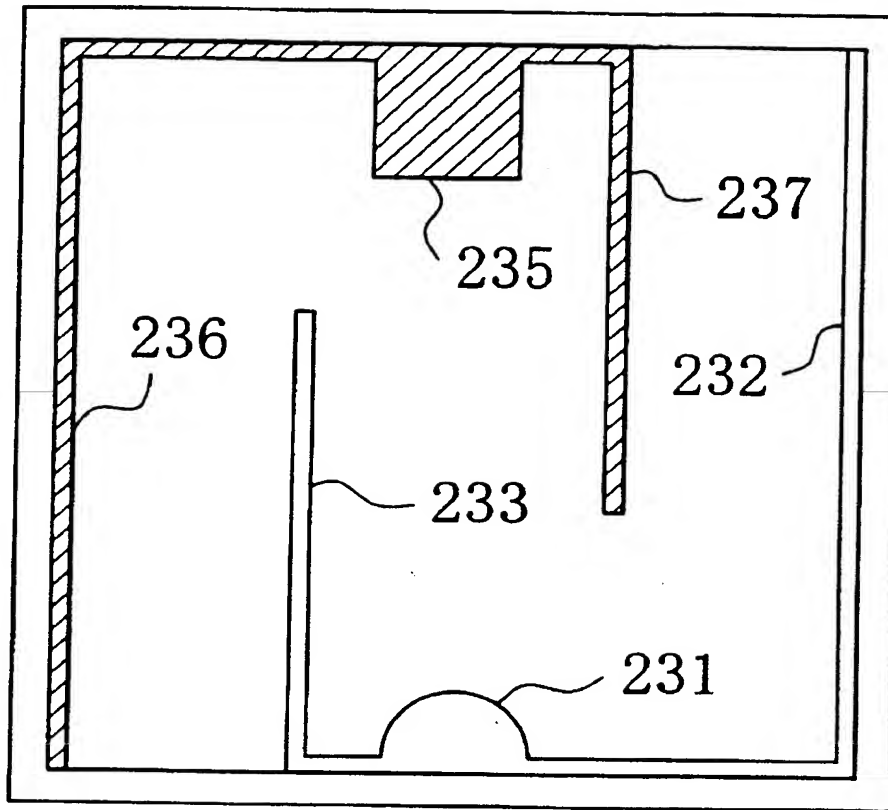


FIG 5 1

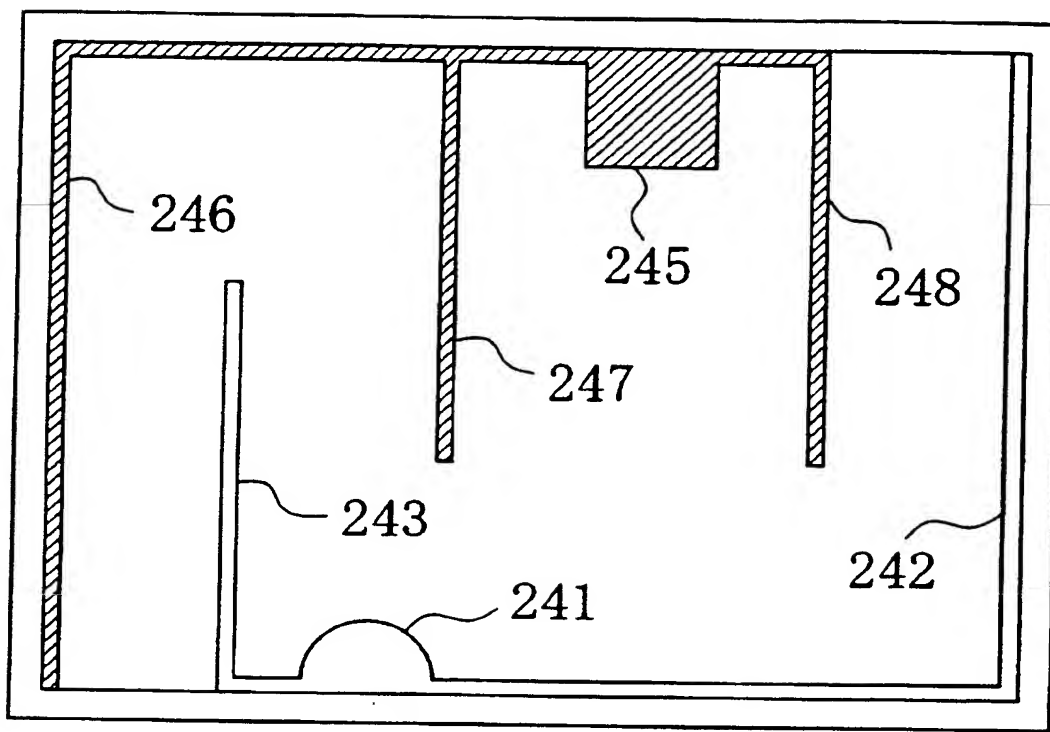


FIG 5 2

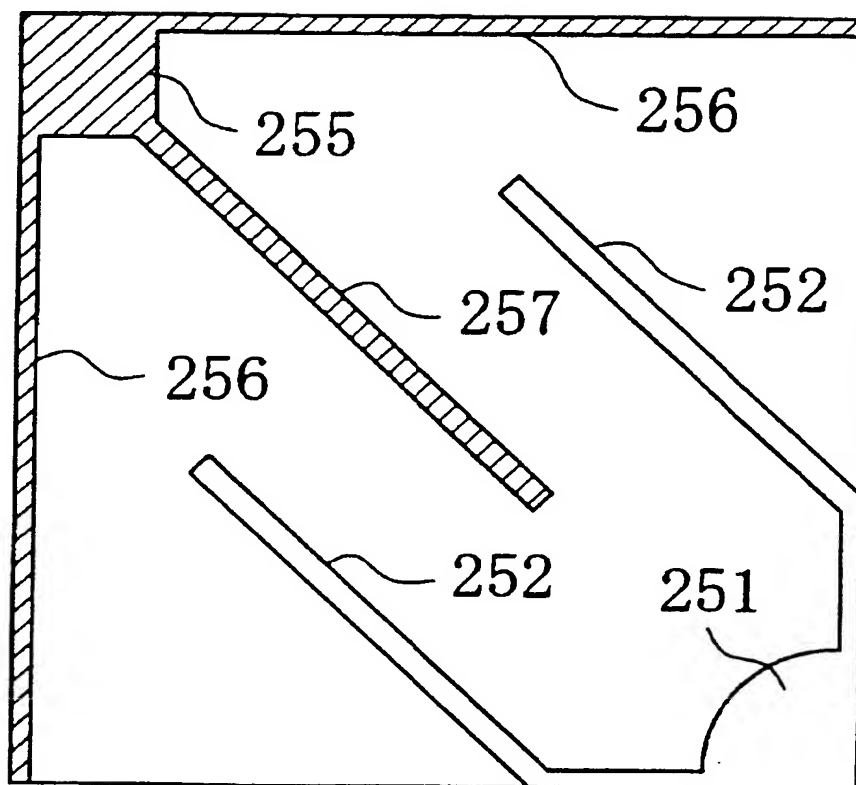


図 5 3

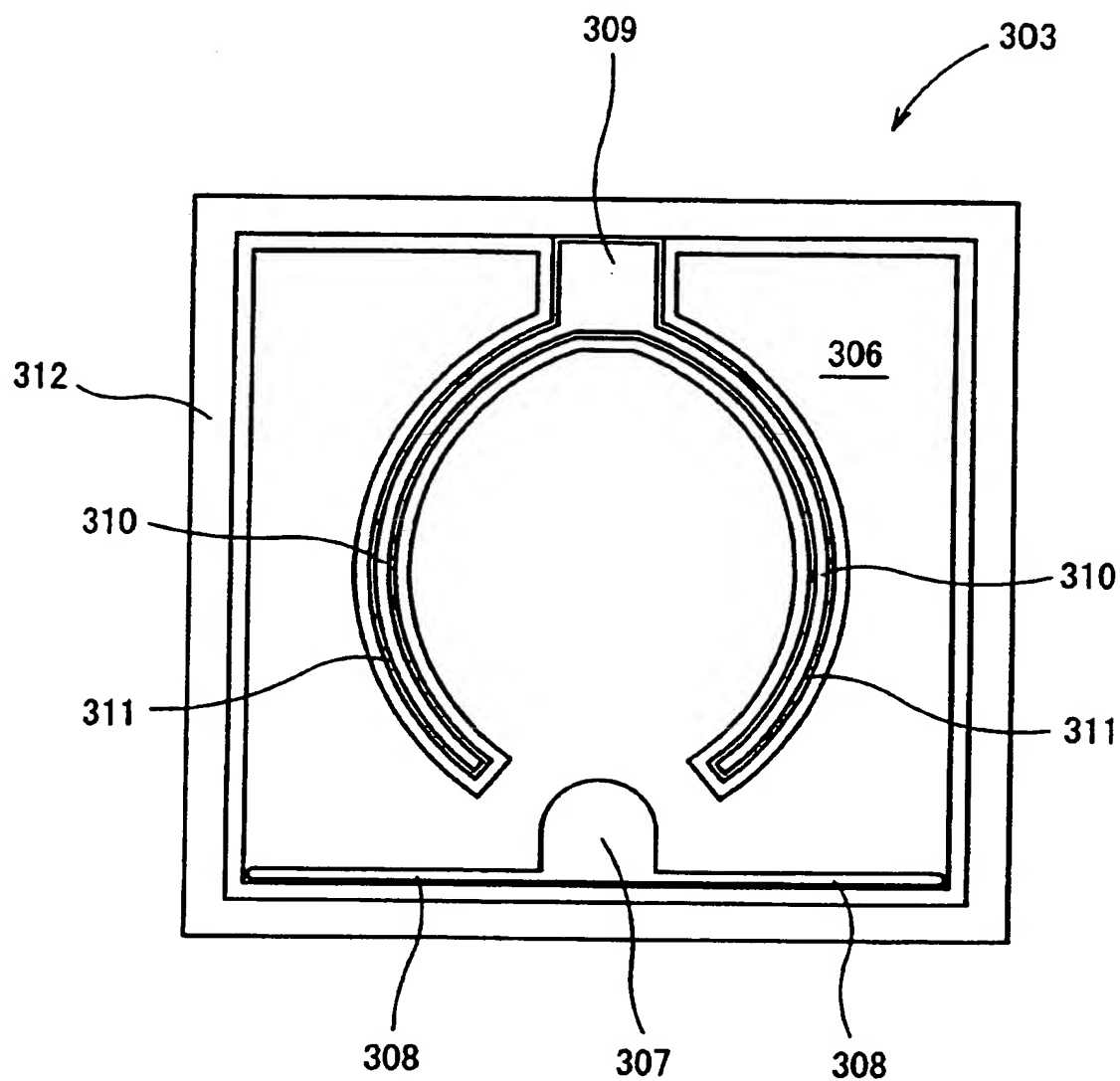


図 5 4

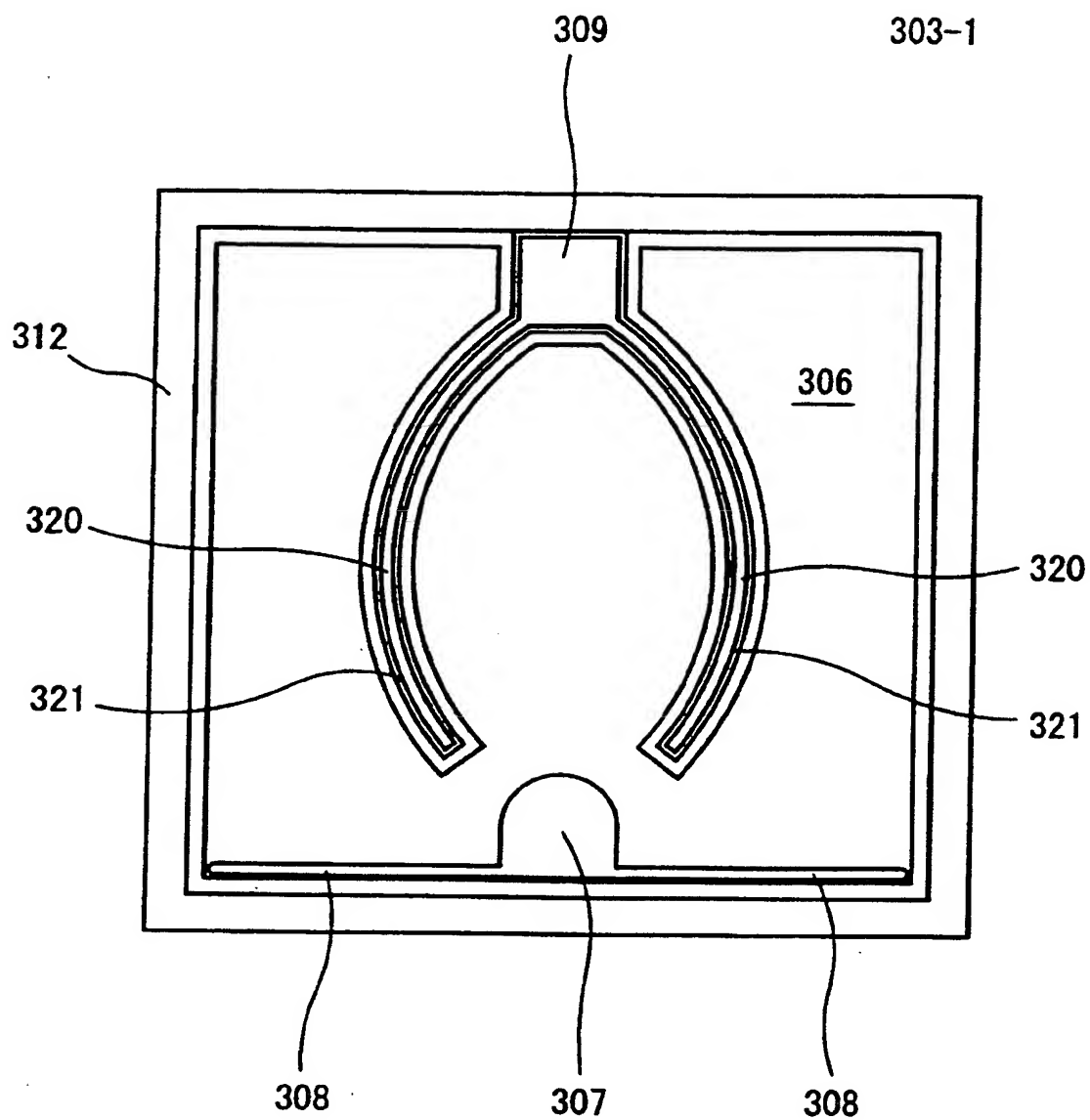


図 5 5

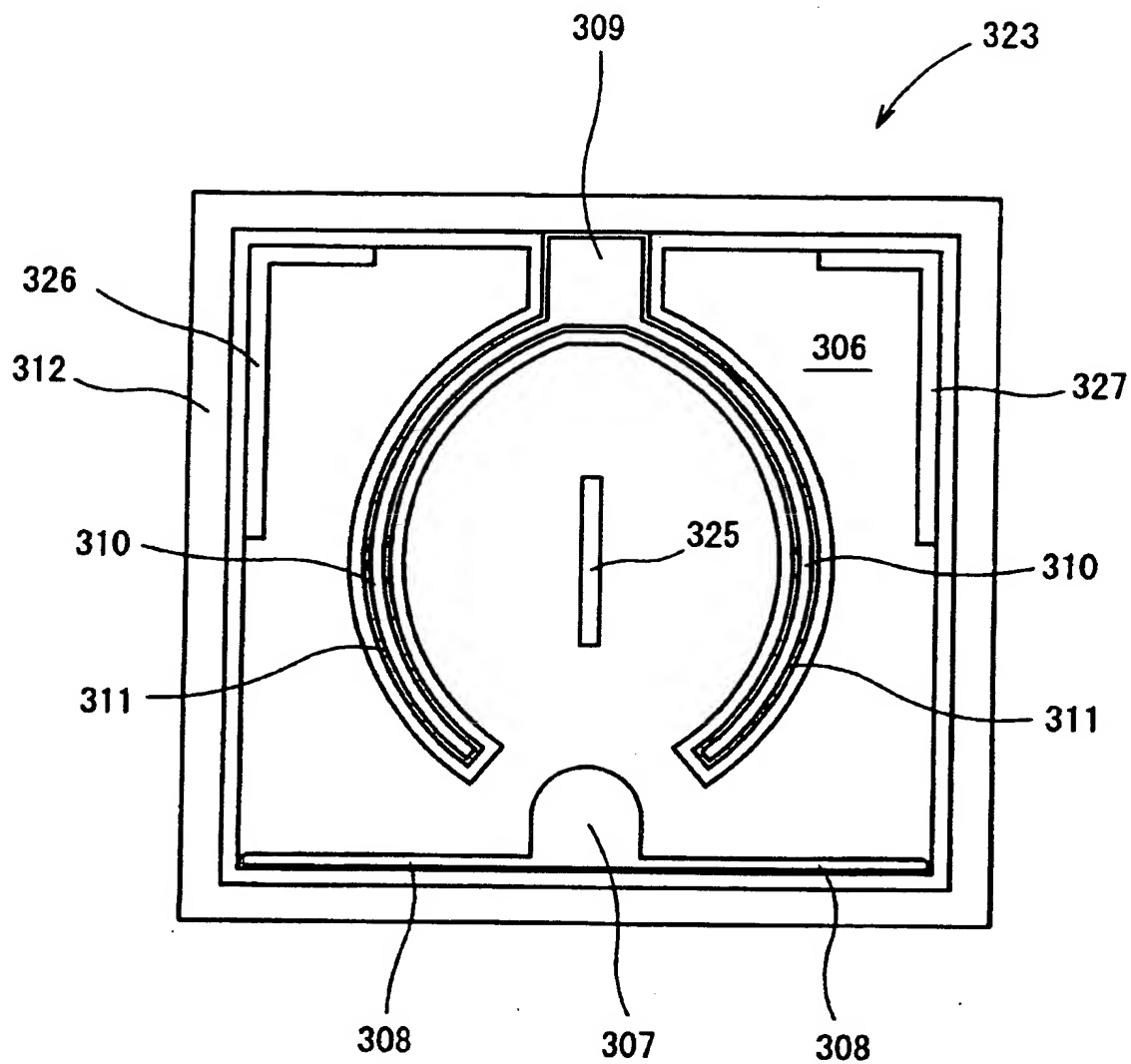


図 5 6

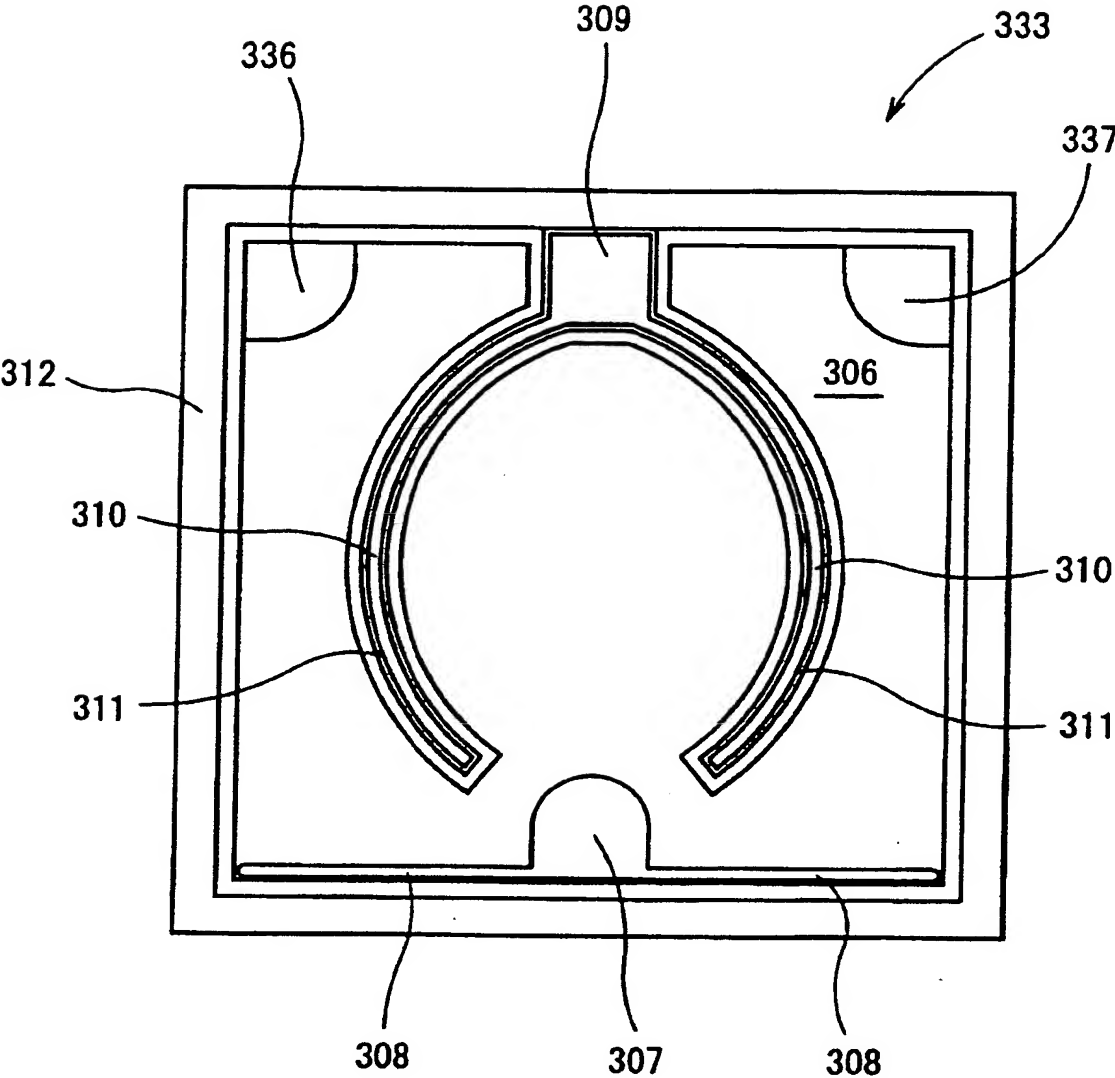
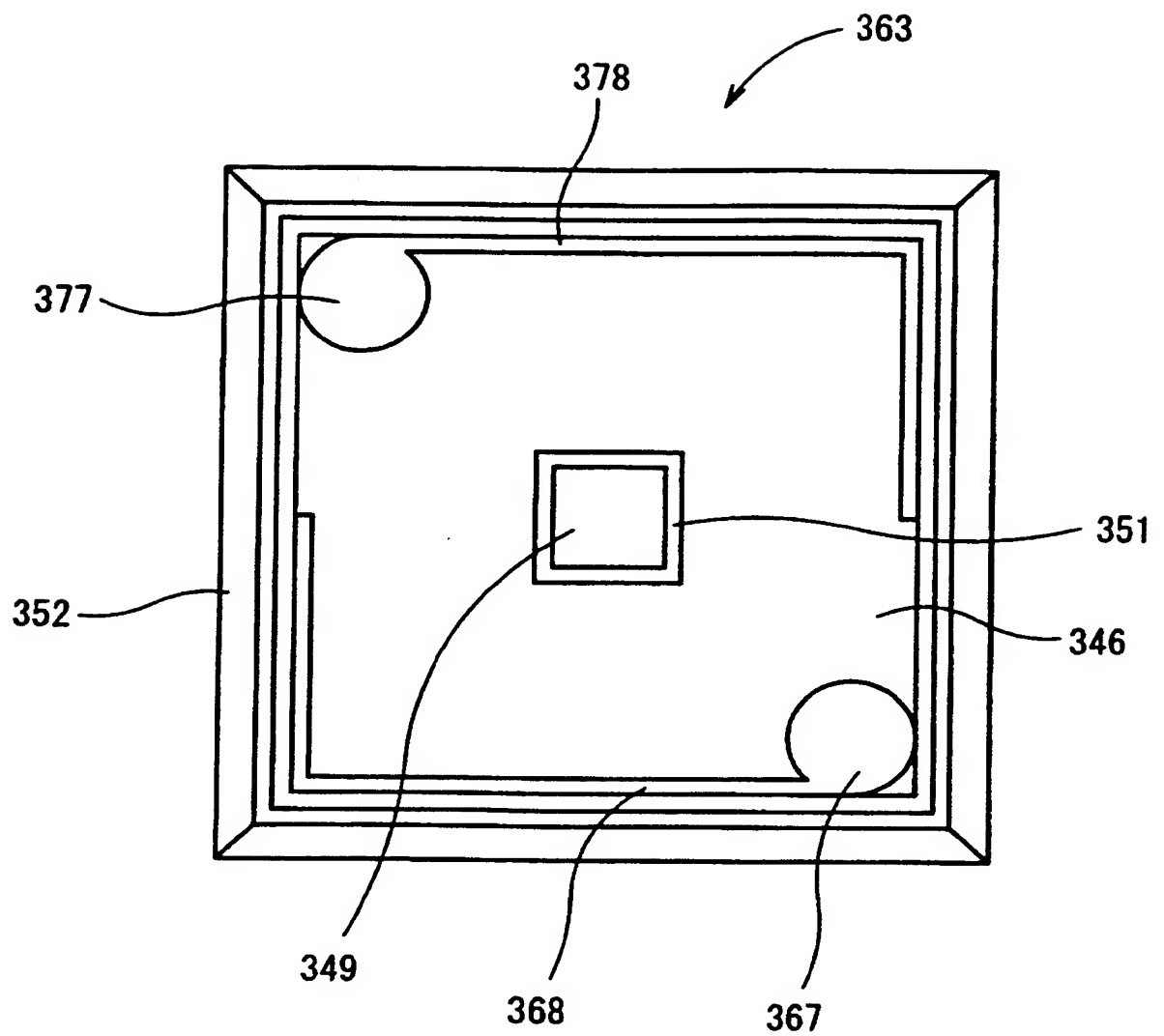






図 58



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/02758

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H01L 33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01L 33/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2001	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP, 7-30153, A (Hitachi Cable, Ltd.), 31 January, 1995 (31.01.95), Par. Nos. [0015] to [0023]; Fig. 1 (Family: none)	1, 2, 10-12 3-5
X Y	JP, 6-268258, A (Hitachi Cable, Ltd.), 22 September, 1994 (22.09.94), Par. Nos. [0015] to [0025]; Figs. 2, 4, 5 (Family: none)	1, 2, 10-12 3-5
X Y	JP, 10-209496, A (Rohm Co., Ltd.), 07 August, 1998 (07.08.98), Par. Nos. [0011] to [0018]; Figs. 1, 2 (Family: none)	1, 2, 10-12 3-5
X Y	JP, 10-275935, A (Rohm Co., Ltd.), 13 October, 1998 (13.10.98), Par. Nos. [0013] to [0024]; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1, 2, 10-12 3-5
X Y	JP, 8-102550, A (Rohm Co., Ltd.), 16 April, 1996 (16.04.96), Full text; all drawings (Family: none)	1, 2, 10-12 3-5

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
25 June, 2001 (25.06.01)

Date of mailing of the international search report  
10 July, 2001 (10.07.01)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/02758

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP, 6-237012, A (Nichia Chemical Industries Ltd.), 23 August, 1994 (23.08.94), Par. Nos. [0012] to [0022]; Figs. 6 to 9 (Family: none)	1, 2, 10-12 3-5
Y	JP, 10-163531, A (Nichia Chemical Industries Ltd.), 19 June, 1998 (19.06.98), Par. Nos. [0016] to [0044]; Figs. 4 to 7 (Family: none)	3
Y	JP, 2000-22210, A (Sharp Corporation), 21 January, 2000 (21.01.00), Figs. 1, 6 to 10 (Family: none)	3
Y	JP, 9-97922, A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 08 April, 1997 (08.04.97), Figs. 1, 3 (Family: none)	3-5
Y	JP, 8-340131, A (Nichia Chemical Industries Ltd.), 24 December, 1996 (24.12.96), Fig. 1 (Family: none)	4
Y	JP, 10-275934 (Rohm Co., Ltd.), 28 March, 1997 (28.03.97), Fig. 1, 2 (Family: none)	4
Y	JP, 5-335622, A (Asahi Chemical Industry Co., Ltd.), 17 December, 1993 (17.12.93), Figs. 15 to 17 (Family: none)	4
Y	JP, 10-256602, A (Sharp Corporation), 25 September, 1998 Full text; all drawings (Family: none)	4-5
P, A	GB, 2343994, A (Hewlett Packard Company), 24 May, 2000 (24.05.00), Full text; all drawings & DE, 19953160, A & JP, 2000-164930, A	1-12

## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/JPO1/02758

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L 33/00

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01S 33/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2001年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2001年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP, 7-30153, A (日立電線株式会社) 31. 1月. 1995 (31. 01. 95) 第15-23段落, 図1 (ファミリーなし)	1, 2, 10-12 3-5
X Y	JP, 6-268258, A (日立電線株式会社) 22. 9月. 1994 (22. 09. 94) 第15-25段落, 図2, 4, 5 (ファミリーなし)	1, 2, 10-12 3-5
X Y	JP, 10-209496, A (ローム株式会社) 7. 8月. 1998 (07. 08. 98) 第11-18段落, 図1, 2 (ファミリーなし)	1, 2, 10-12 3-5
X Y	JP, 10-275935, A (ローム株式会社) 13. 10月. 1998 (13. 10. 98) 第13-24段落, 図1-3 (ファミリーなし)	1, 2, 10-12 3-5

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

25. 06. 01

国際調査報告の発送日

10.07.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

吉野 三寛

印

2K

9814

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP, 8-102550, A (ローム株式会社) 16. 4月. 1996 (16. 04. 96) 全文, 全図 (ファミリーなし)	1, 2, 10-12 3-5
X Y	JP, 6-237012, A (日亜化学工業株式会社) 23. 8月. 1994 (23. 08. 94) 第12-22段落, 図6-9 (ファミリーなし)	1, 2, 10-12 3-5
Y	JP, 10-163531, A (日亜化学工業株式会社) 19. 6月. 1998 (19. 06. 98) 第16-44段落, 図4-7 (ファミリーなし)	3
Y	JP, 2000-22210, A (シャープ株式会社) 21. 1月. 2000 (21. 01. 00) 図1, 図6-10 (ファミリーなし)	3
Y	JP, 9-97922, A (三洋電機株式会社) 8. 4月. 1997 (08. 04. 97) 図1, 図3 (ファミリーなし)	3-5
Y	JP, 8-340131, A (日亜化学工業株式会社) 24. 12月. 1996 (24. 12. 96) 図1 (ファミリーなし)	4
Y	JP, 10-275934 (ローム株式会社) 28. 3月. 1997 (28. 03. 97) 図1, 図2 (ファミリーなし)	4
Y	JP, 5-335622, A (旭化成工業株式会社) 17. 12月. 1993 (17. 12. 93) 図15-17 (ファミリーなし)	4
Y	JP, 10-256602, A (シャープ株式会社) 25. 9月. 1998 全文, 全図 (ファミリーなし)	4-5
P, A	GB, 2343994, A (HEWLETT PACKARD COMPANY) 24. 5月. 2000 (24. 05. 00) 全文, 全図 & DE, 19953160, A & JP2000-164930, A	1-12